



TESIS - SS14 2501

# **STUDY OF FUZZY C CONTROL CHART AND ITS APPLICATION IN THE PRODUCTION PROCESS RC COLA BOTTLE**

ACHMAD ZAINUL FUADY  
NRP. 1314 201 017

SUPERVISOR :  
Dr. Muhammad Mashuri, MT.  
Dr. Santi Puteri Rahayu, M.Si.

PROGRAM OF MAGISTER  
DEPARTEMEN OF STATISTIKA  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



**TESIS - SS14 2501**

**STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL FUZZY C  
DAN PENERAPANNYA PADA PROSES PRODUKSI  
BOTOL RC COLA 200 ML**

**ACHMAD ZAINUL FUADY  
NRP. 1314 201 017**

**DOSEN PEMBIMBING :  
Dr. Muhammad Mashuri, MT.  
Dr. Santi Puteri Rahayu, M.Si.**

**PROGRAM MAGISTER  
JURUSAN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

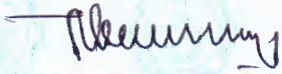
# **STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL FUZZY C DAN PENERAPANYA PADA PROSES PRODUKSI BOTOL RC COLA 200ML**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Sains (M.Si)  
Di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh :

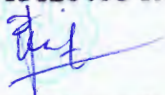
**ACHMAD ZAINUL FUADY**  
**NRP. 1314 201 017**

Tanggal Ujian : 29 Januari 2016  
Periode Wisuda : Maret 2016

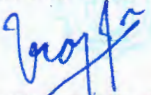
Disetujui Oleh :

  
1. **Dr. Muhammad Mashuri, MT.**  
**NIP: 19620408 198701 1 001**

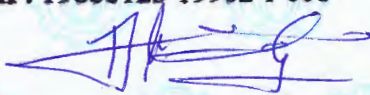
(Pembimbing I)

  
2. **Dr. Santi Puteri Rahayu, M.Si**  
**NIP: 19750115 199903 2 003**

(Pembimbing II)

  
3. **Dr. Brodjol Sutijo Supri Utama, M.Si**  
**NIP: 19660125 19902 1 001**

(Penguji)

  
4. **Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si**  
**NIP: 19831204 200812 1 002**

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana

  
**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D**  
**NIP 19601202 198701 1 001**



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Diagram Kontrol Atribut .....	7
2.2 Diagram Kontrol $c$ Klasik .....	9
2.3 Review Diagram Kontrol <i>Fuzzy</i> Atribut .....	9
2.4 Diagram Kontrol <i>Fuzzy c</i> .....	11
2.4.1 <i>Fuzzy Mode Transformation</i> .....	13
2.4.2 <i>Fuzzy Median Transformation</i> .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data .....	19
3.2 Variabel Penelitian .....	19
3.3 Metode Analisis .....	21
3.4 Diagram Alir .....	22



## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1 Diagram Kontrol <i>Fuzzy c</i> .....	25
4.1.1 Diagram Kontrol <i>Fuzzy c Median Transformation</i> .....	26
4.1.2 Diagram Kontrol <i>Fuzzy c Mode Transformation</i> .....	30
4.2 Perbandingan Hasil Penerapan Diagram Kontrol <i>Fuzzy c</i> dengan Transformasi dan Diagram kontrol <i>c</i> klasik <i>c</i> .....	34

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43

## **DAFTAR PUSTAKA .....**

45

## **LAMPIRAN .....**

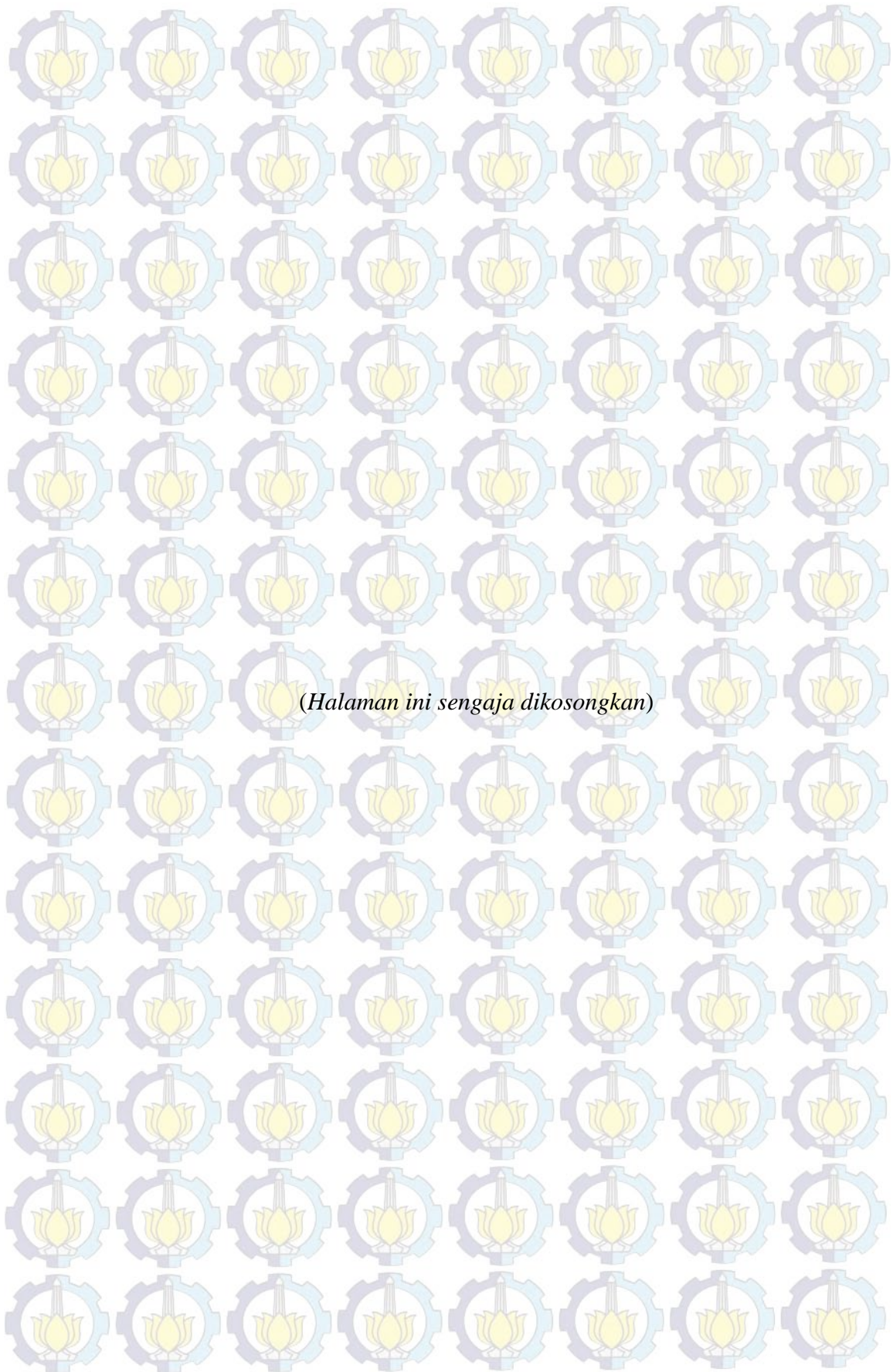
47

## **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jenis-jenis kecacatan .....	20
Tabel 3.2 Struktur Organisasi Data .....	21
Tabel 4.1 Data <i>Trapezoid Fuzzy Number</i> .....	26
Tabel 4.2 <i>Fuzzy Number <math>\alpha</math>-cut</i> .....	27
Tabel 4.3 Nilai $S_{med}^{\alpha}$ dan keputusan pengontrolan kualitas .....	30
Tabel 4.4 Keputusan pengontrolan <i>fuzzy c mode transformation</i> .....	32
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Metode .....	35
Tabel 4.6 Data <i>Trapezoid Fuzzy Number</i> Tahap Kedua .....	36
Tabel 4.7 <i>Fuzzy Number <math>\alpha</math>-cut</i> Tahap Kedua .....	37
Tabel 4.8 Nilai $S_{med}^{\alpha}$ dan keputusan pengontrolan kualitas Tahap Kedua .....	37
Tabel 4.9 Keputusan pengontrolan <i>fuzzy c mode transform</i> Tahap Kedua .....	38
Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Metode Tahap Kedua .....	40

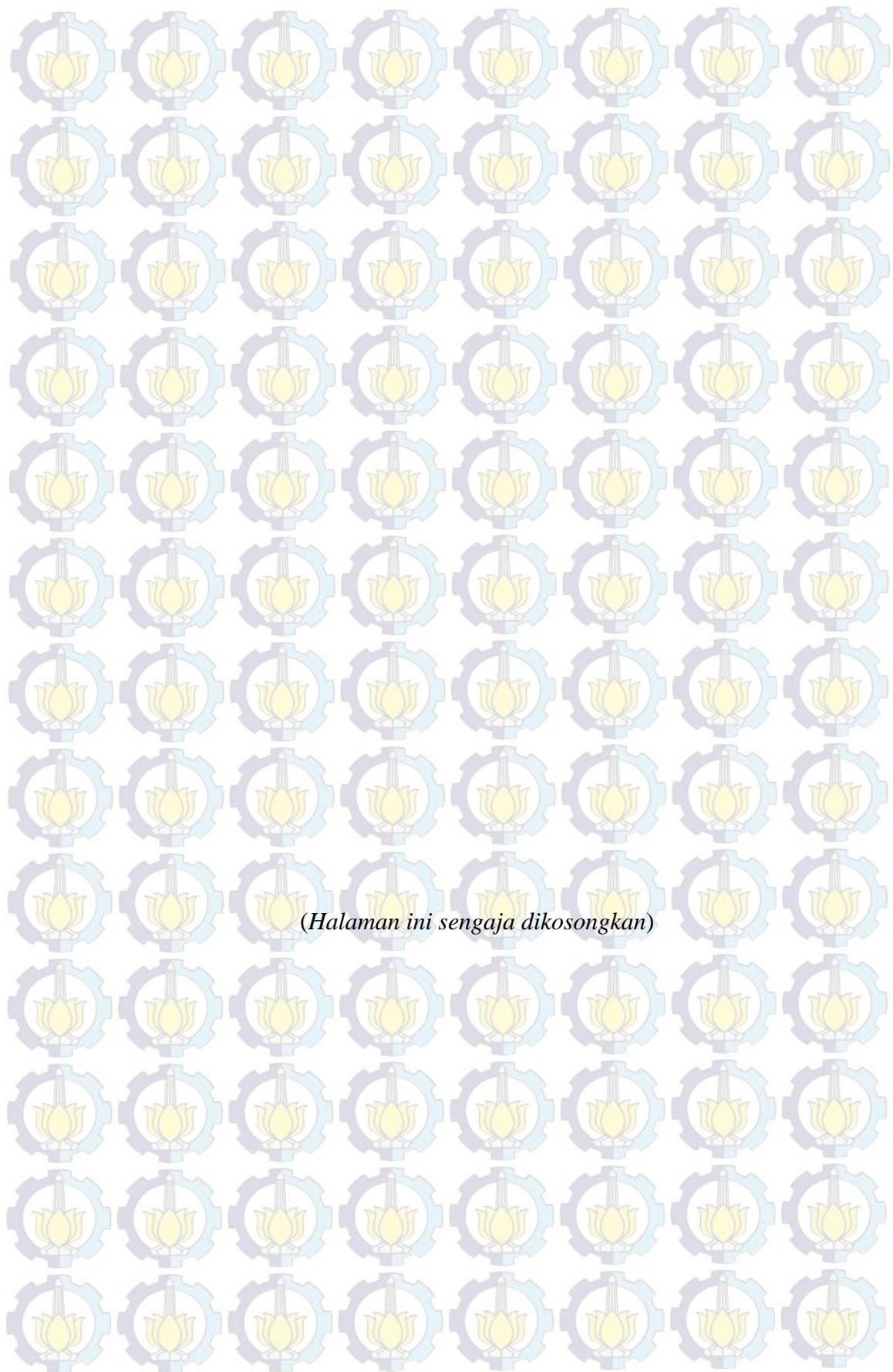




## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Trapezoidal Fuzzy Number</i> .....	11
Gambar 2.2 Ilustrasi fungsi keanggotaan untuk <i>Fuzzy Mode Triangular Fuzzy Number</i> dan <i>Trapezoidal Fuzzy Number</i> .....	13
Gambar 2.3 Ilustrasi diagram kontrol <i>mode Transformation</i> .....	15
Gambar 2.4 Ilustrasi <i>Fuzzy Median</i> .....	16
Gambar 2.5 Ilustrasi diagram kontrol <i>median Transformation</i> .....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Klasifikasi Data.....	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 4.1 Diagram kontrol <i>Fuzzy c Median Transformation</i> .....	29
Gambar 4.2 Diagram kontrol <i>c Mode Transformation</i> .....	34
Gambar 4.3 Diagram kontrol <i>c klasik Tahap 2</i> .....	41
Gambar 4.4 Diagram kontrol <i>Fuzzy c Median Transformation Tahap 2</i> .....	41
Gambar 4.5 Diagram kontrol <i>Fuzzy c Mode Transformation Tahap 2</i> .....	42

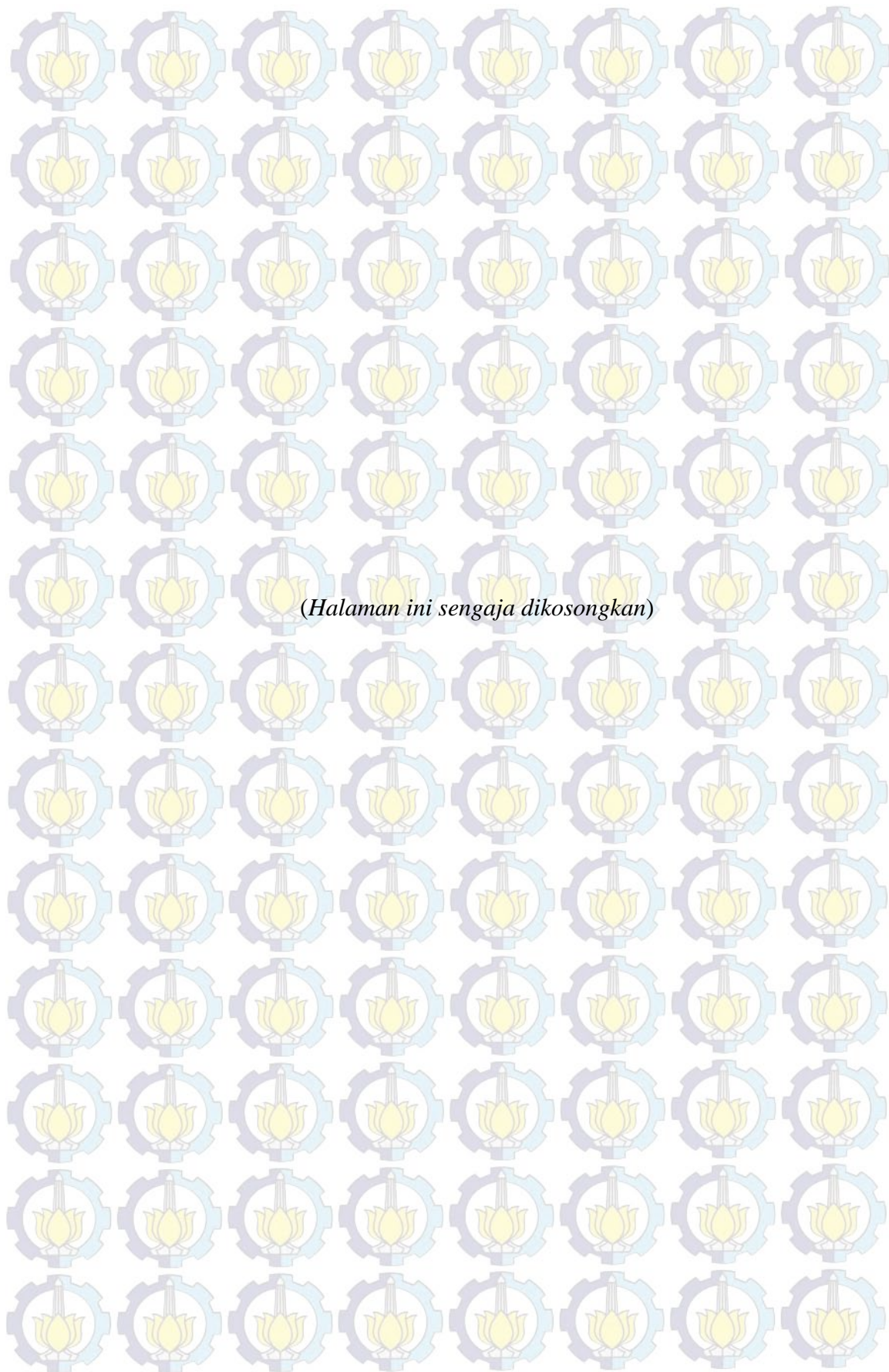




## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran (1) Data Hasil Produksi Tahap 1 .....	47
Lampiran (2) Data Hasil Produksi Tahap 2 .....	48
Lampiran (3) Nilai <i>Trapezoidal Fuzzy Number</i> Tahap 1 .....	49
Lampiran (4) Nilai <i>Trapezoidal Fuzzy Number</i> Tahap 2 .....	50
Lampiran (5) Jenis-jenis Kecacatan .....	51
Lampiran (6) Nilai $S_{med}$ dan $S_{mode}$ Tahap 1 .....	52
Lampiran (7) Nilai $S_{med}$ dan $S_{mode}$ Tahap 2 .....	53
Lampiran (8) Diagram Kontrol <i>c klasik</i> Tahap 1 .....	54
Lampiran (9) Diagram Kontrol <i>fuzzy c Median</i> Tahap 1 .....	54
Lampiran (10) Diagram Kontrol <i>fuzzy c Mode</i> Tahap 1 .....	54
Lampiran (11) Diagram Kontrol <i>c klasik</i> Tahap 2 .....	55
Lampiran (12) Diagram Kontrol <i>fuzzy c Median</i> Tahap 2 .....	55
Lampiran (13) Diagram Kontrol <i>fuzzy c Mode</i> Tahap 2 .....	55







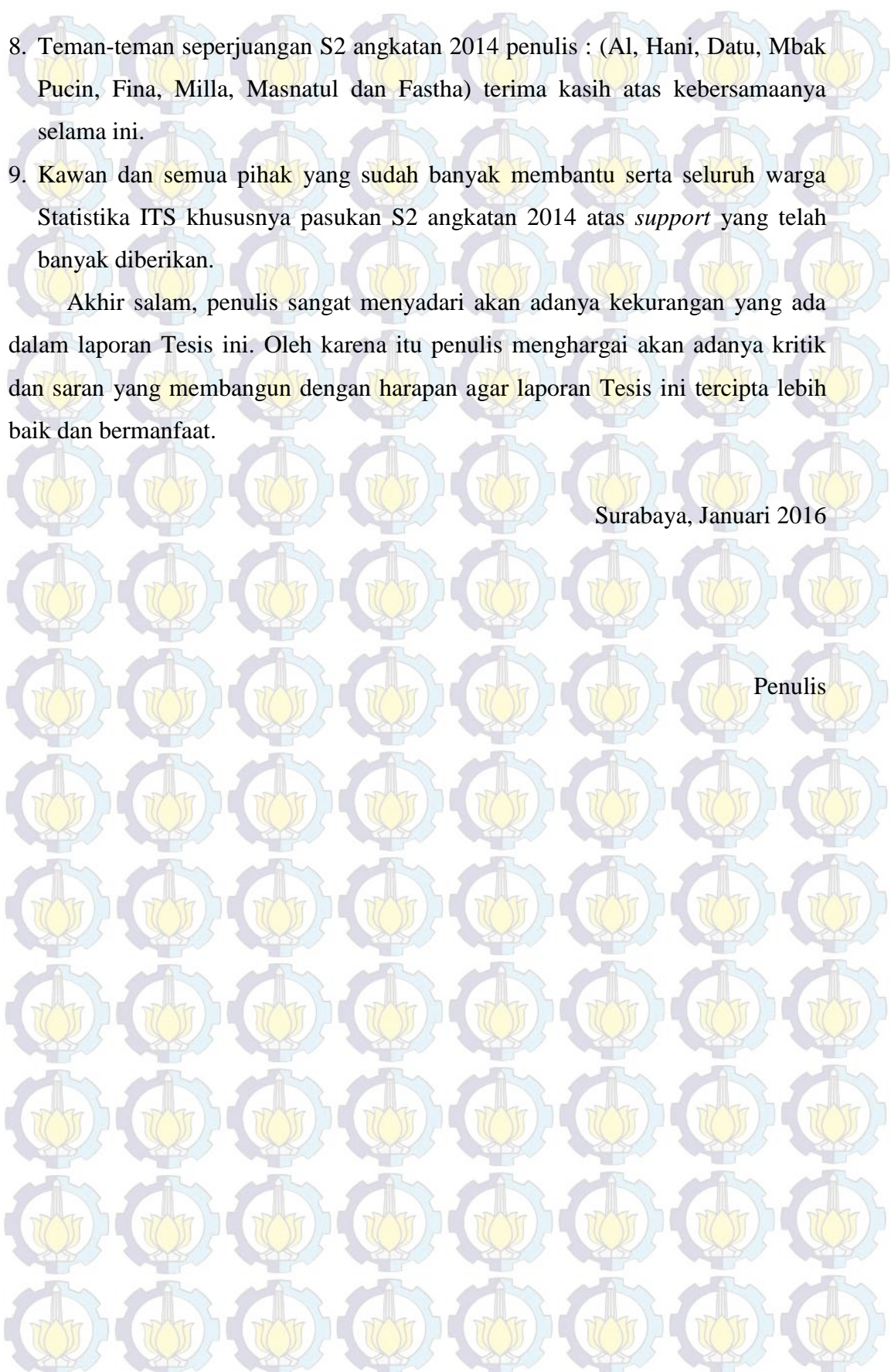
## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga laporan Tesis yang berjudul **“STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL FUZZY C DAN PENERAPANNYA PADA PROSES PRODUKSI BOTOL RC COLA 200 ML”** dapat terselesaikan dengan baik.

Selesainya laporan Tesis ini, penulis menyadari adanya kontribusi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS atas motivasinya kepada penulis.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah sangat sabar meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat, dan arahnya selama mengerjakan Laporan Tesis.
3. Ibu Santi Puteri Rahayu M.Si., selaku dosen pembimbing atas waktu yang diberikan untuk memberikan bimbingan dan masukan yang berharga bagi penulis.
4. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Supri Utama, M.Si., dan Bapak Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan untuk kesempurnaan Laporan Tesis ini.
5. Bapak Dr. Bambang Widjanarko Otok, S.Si., M.Si. selaku dosen wali yang telah membimbing penulis mulai awal perkuliahan studi S2
6. Istri dan anak-anak terhebat yang tercinta, Abid dan Azka yang selalu mendampingi dan telah mewarnai hari-hariku dengan tingkahnya yang lucu-lucu serta memberikan semangat tiada henti-hentinya kapanpun dan dimanapun.
7. Orang tua yang terbaik dan tersayang serta saudara-saudara yang selalu mendoakan, memberi motivasi dan memberi dukungan.



- 
8. Teman-teman seperjuangan S2 angkatan 2014 penulis : (Al, Hani, Datu, Mbak Pucin, Fina, Milla, Masnatul dan Fastha) terima kasih atas kebersamaanya selama ini.
  9. Kawan dan semua pihak yang sudah banyak membantu serta seluruh warga Statistika ITS khususnya pasukan S2 angkatan 2014 atas *support* yang telah banyak diberikan.

Akhir salam, penulis sangat menyadari akan adanya kekurangan yang ada dalam laporan Tesis ini. Oleh karena itu penulis menghargai akan adanya kritik dan saran yang membangun dengan harapan agar laporan Tesis ini tercipta lebih baik dan bermanfaat.

Surabaya, Januari 2016

Penulis



# STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL FUZZY C DAN PENERAPANNYA PADA PROSES PRODUKSI BOTOL RC COLA 200ML

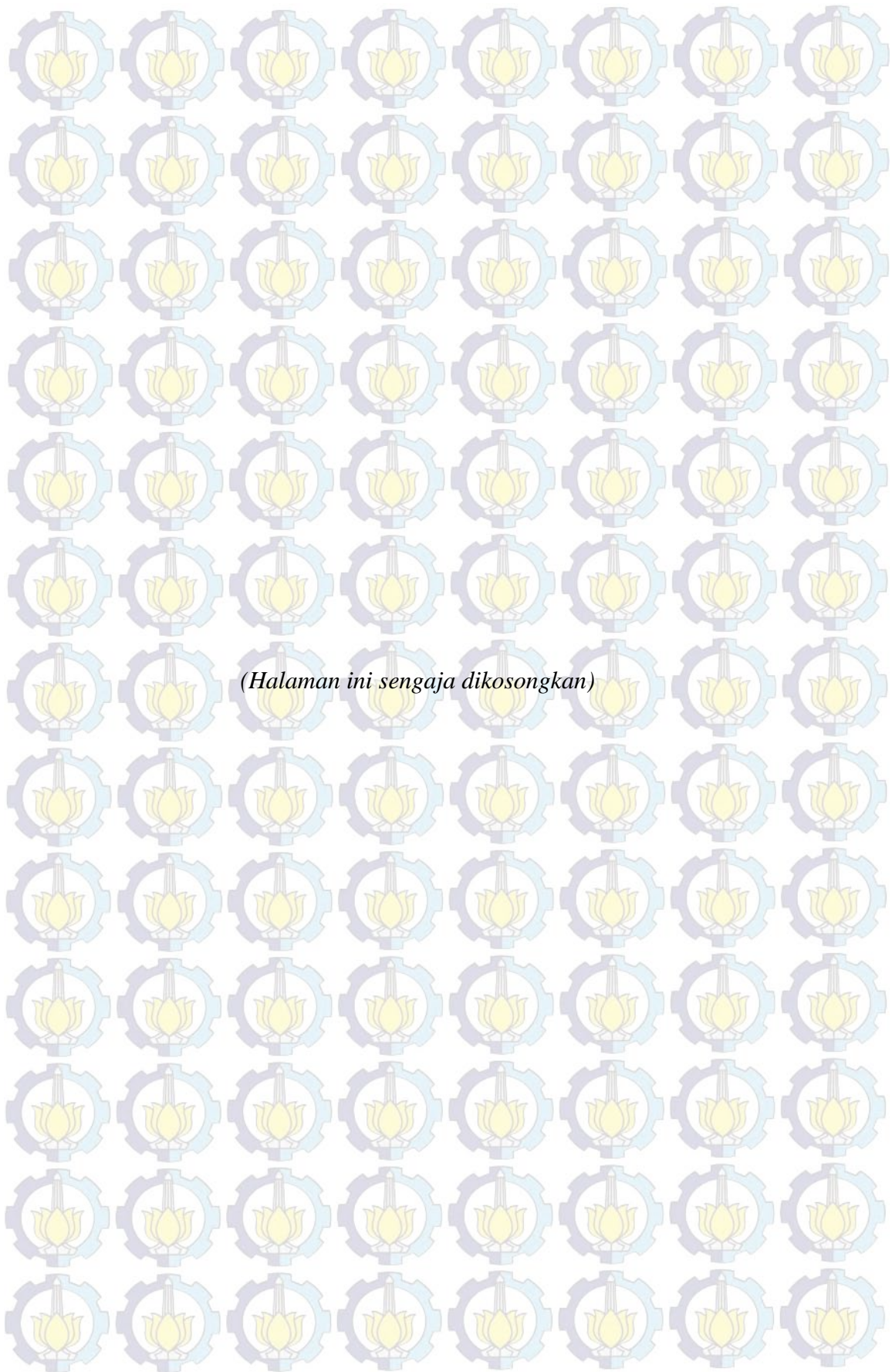
Nama Mahasiswa : Achmad Zainul Fuady  
NRP : 1314 201 017  
Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, MT.  
Co. Pembimbing : Dr. Santi Puteri Rahayu, M.Si

## ABSTRAK

Diagram kontrol *fuzzy c* merupakan suatu konsep untuk mengonstruksi sebuah diagram kontrol *c* menjadi diagram kontrol berdasarkan himpunan *fuzzy* sebagai dasar pemikiran untuk mengontrol kualitas produk. Secara konvensional konsep dari pembuatan diagram kontrol tersebut terletak pada adanya transformasi data dari bilangan *crisp* menjadi bilangan *fuzzy*. Dalam literatur pengembangan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan transformasi, metode *fuzzy median transformation* lebih banyak digunakan untuk penelitian karena walaupun data yang digunakan ini mungkin berbentuk asimetri, metode ini tetap dapat digunakan. Oleh karena itu pada paper ini akan dilakukan analisis terhadap metode *fuzzy mode transformation* dan *fuzzy median transformation* sehingga bisa diketahui kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Identifikasi terhadap kekurangan kedua metode transformasi akan membuat inspirasi dalam perbaikan atau pengembangan kedua metode tersebut, sedangkan identifikasi dari kelebihan kedua metode transformasi akan digunakan sebagai dasar penerapan masing-masing metode pada kasus yang tepat. Dalam paper ini, kedua metode transformasi tersebut digunakan pada kasus proses produksi botol RC Cola sehingga dapat diketahui secara empiris kelemahan dan keunggulan dari metode tersebut. Disamping itu juga dibahas tentang perbandingan hasil penerapan diagram kontrol *fuzzy c* dengan diagram kontrol *c* sebagai tolak ukur pembanding. Hasil penerapan metode pada penelitian ini, menunjukkan bahwa diagram kontrol *fuzzy c median transformation* dan diagram kontrol *c* mampu mendapatkan titik *out-of-control* lebih banyak dari diagram kontrol *fuzzy c mode transformation*, namun diagram kontrol *fuzzy c mode transformation* ini dapat menghasilkan keputusan yang lebih ketat, yaitu keputusan *rather-in-control* dan *rather-out-control*. Keputusan ini akan sangat bermanfaat untuk menentukan keketatan kriteria produk yang akan di *reject* karena berada diantara keputusan *in-control* dan *out-of-control*.

**KEYWORDS:** *Fuzzy set, fuzzy-c control chart, fuzzy transformation*







# STUDY OF FUZZY C CONTROL CHART AND ITS APPLICATION IN THE PRODUCTION PROCESS RC COLA BOTTLE 200ML

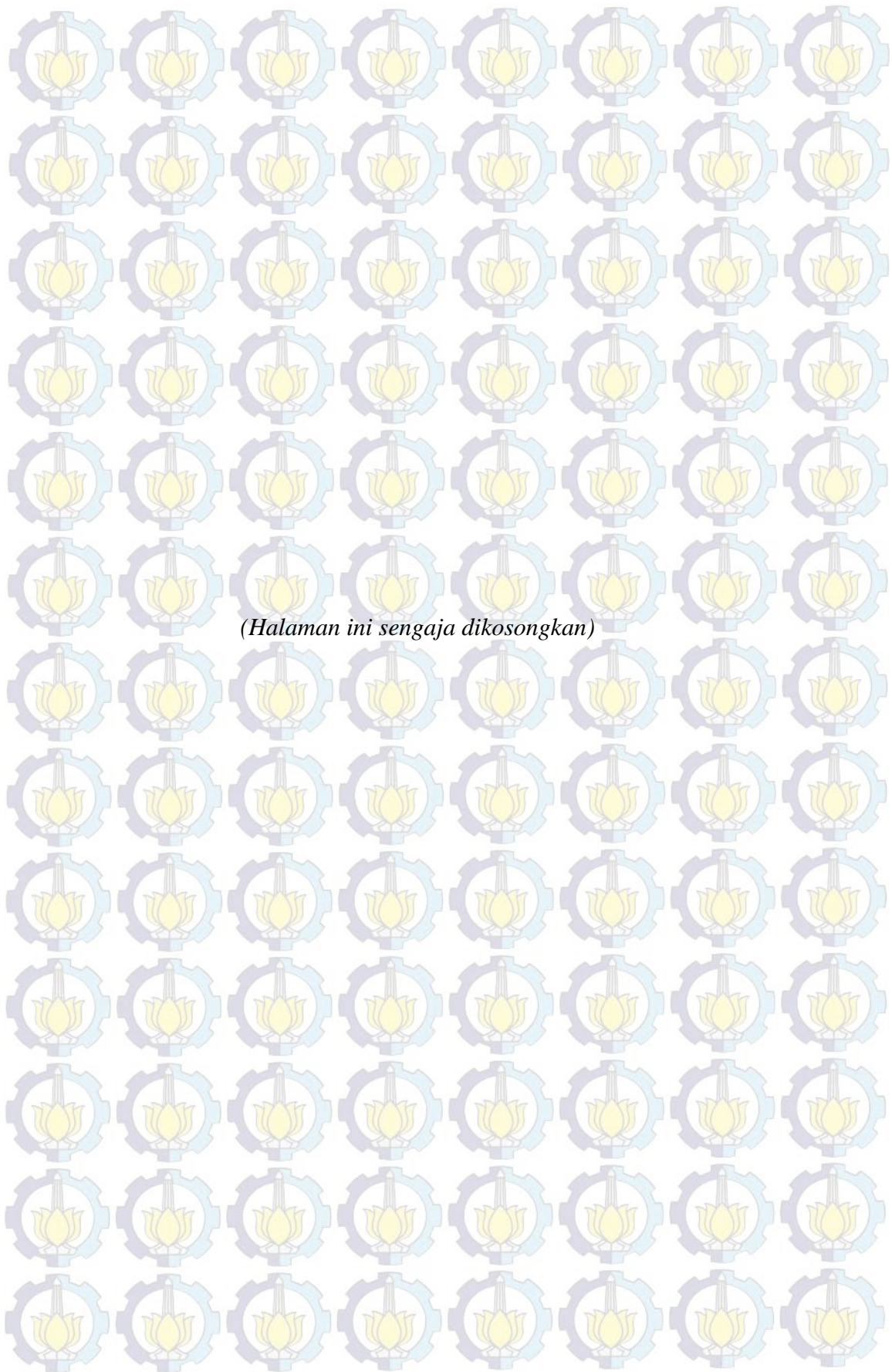
Name of Student : Achmad Zainul Fuady  
NRP : 1314 201 017  
Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, MT.  
Co. Supervisor : Dr. Santi Puteri Rahayu, M.Si

## ABSTRACT

*Fuzzy c control chart* is a concept for constructing a *c control chart* into control charts based on fuzzy set as a rationale for controlling the quality of products. Conventionally the concept of charting controls are located on the transformation of data into a number of crisp fuzzy numbers. In the literature the development of fuzzy c control chart based on transformation. *Fuzzy median transformation* is more widely used for research because the data used although this may be in the form of asymmetry, this method can still be used. Therefore, in this paper will be the analysis of *fuzzy mode transformation* and *fuzzy median transformation* so can know the advantages and disadvantages respectively. Identification of deficiencies both methods of transformation will create inspiration in the improvement or development of both methods, whereas the identification of the advantages of both methods of transformation will be used as the basis for the implementation of each method in a proper case. In this paper the transformation method is used in the case of RC Cola bottle production process so it can be empirically disadvantages and advantages of the method. Besides, it was also discussed about the comparison results of the application of *fuzzy c control chart* compared to *c control chart* as a benchmark for comparison. The results of the application of the method in this study, suggests that *fuzzy c median transformation control chart* and *c control chart* able to get a point out of control more than a *fuzzy c mode transformation control chart*, but the *fuzzy c mode transformation control chart* can produce more informed decisions tight, which is a decision *rather-in-control* and *rather-out-control*. This decision will be very useful to determine the stringency criteria on the products to be rejected because it is between the decision *in control* and *out of control*.

**KEYWORDS:** *Fuzzy set, fuzzy-c control chart, fuzzy transformation method*







# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia saat ini semakin pesat seiring dengan perkembangan teknologi yang canggih sehingga mengakibatkan tingkat persaingan yang ketat antar perusahaan. Disamping itu didukung oleh ketersediaan sumber daya manusia yang mampu berkontribusi pada perusahaan dalam usaha mengendalikan kualitas produk. Oleh karena itu pengendalian kualitas menjadi salah satu poin yang penting dalam perusahaan bidang industri dengan memperhatikan dan menjaga produk agar terjaga kualitasnya. Dalam proses menentukan suatu kualitas barang yang diklasifikasikan sebagai cacat dan tidak cacat dinamakan sifat atau atribut (Montgomery, 2005).

*Statistical process control (SPC)* adalah suatu teknik yang memungkinkan pengendalian kualitas untuk memonitor, menganalisis, memprediksi, mengontrol, dan meningkatkan proses produksi. Tujuan utama dari peningkatan kualitas tidak hanya untuk menyediakan kualitas produk yang baik tetapi juga meningkatkan produktivitas dan kepuasan konsumen. Pada dasarnya, peningkatan produktivitas dan kepuasan konsumen harus beriringan agar dapat meminimalisir biaya untuk meningkatkan kualitas produk perusahaan tersebut. Salah satu perangkat *SPC* yang sering digunakan adalah diagram kontrol. Diagram kontrol merupakan alat dalam menganalisis variasi dari proses produksi. Diagram kontrol terdiri dari garis yang menunjukkan *Upper Control Limit (UCL)*, *Centre Line (CL)*, dan *Lower Control Limit (LCL)*. Diagram kontrol berdasarkan karakteristik kualitas yang diukur dibagi menjadi dua jenis yaitu diagram kontrol multivariat dan diagram univariat. Diagram kontrol multivariat digunakan untuk mengukur variabel karakteristik kualitasnya lebih dari dua, sedangkan diagram kontrol univariat digunakan untuk mengukur satu variabel karakteristik kualitas saja. Diagram kontrol univariat juga terdapat dua golongan menurut jenis datanya, yaitu diagram kontrol univariat untuk kategori jenis data variabel dan diagram kontrol univariat untuk kategori jenis data atribut.



Beberapa penelitian pengontrolan proses produksi yang telah dilakukan di PT. IGLAS (Persero) Gresik dengan menggunakan diagram kontrol atribut antara lain, Mayananda (2012) dengan pengontrolan kualitas produk menggunakan diagram atribut *p multivariat*. Dalam penelitian diagram kontrol *p* terdapat klasifikasi karakteristik kualitas cacat botol yang terbagi menjadi tiga yaitu cacat kelas kritis, cacat kelas major, dan cacat kelas minor. Kemudian Yusuf (2012) dengan penerapan diagram kontrol bivariat poisson pada pengendalian kualitas produk, menggunakan dua variabel karakteristik kualitas yang mempunyai hubungan satu sama lain yaitu cacat *crack on ring* dan *crack under ring*. Diagram bivariat poisson tersebut digunakan karena diawali timbulnya fenomena akibat ketidakteraturan *set up* mesin pada proses pengendalian suhu botol saat pencetakan. Herdyana (2012) membahas tentang pengendalian proses produksi dengan menggunakan diagram kontrol *c*, dimana sebuah unit produk hanya diklasifikasikan menjadi dua kriteria yaitu cacat dan tidak cacat saja. Fuady (2014) membahas tentang diagram kontrol DOB (*Decision On Beliefs*) untuk menganalisis dan mengklasifikasikan keadaan sistem pengendalian kualitas produk, diagram tersebut merupakan sebuah konsep pengembangan metode pengendalian kualitas diagram kontrol *c*.

PT. IGLAS (Persero) Gresik merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara yang memproduksi botol dan bergerak dengan sistem *Job Order* atau berdasarkan pesanan dari konsumen. PT. IGLAS (Persero) Gresik selalu fokus pada kualitas dan mampu menetapkan standar kualitas dalam produksinya agar mampu bersaing dengan industri botol lain yang ada di Indonesia. Pembuatan suatu produk tentu saja tidak lepas dari kejadian cacat produk dimana produk tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan oleh perusahaan sehingga disebut produk cacat. Salah satu produk PT. IGLAS (Persero) Gresik yang juga tidak luput dari kejadian cacat produksi adalah botol RC Cola 200 ml dimana botol tersebut yang akan menjadi obyek penelitian ini.

Pada suatu proses produksi sering kali ditemukan kurang akuratnya dalam perhitungan, apalagi jika variabel yang digunakan adalah variabel atribut. Fuady (2014) telah meneliti perbandingan diagram kontrol atribut dalam kasus univariat yaitu diagram kontrol DOB dengan diagram kontrol univariat *c shewart* yang



diteliti oleh Herdyana (2012) secara konvensional, dengan hasil penelitian tersebut bahwa untuk proses pergeseran yang kecil diagram kontrol DOB lebih sensitif daripada diagram kontrol c shewart.

Teori himpunan bilangan *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh (1965), dan telah dikembangkan secara luas dalam berbagai bidang yang salah satunya pada bidang pengontrolan kualitas. Teori himpunan bilangan *fuzzy* dalam pengembangannya dibidang pengontrolan kualitas yang saat ini berkembang dengan pesat adalah diagram kontrol *fuzzy*, dimana konsep dari pembuatan diagram kontrol tersebut terletak pada adanya transformasi data dari himpunan bilangan *crisp* menjadi himpunan bilangan *fuzzy*. Ada beberapa teknik transformasi data yang digunakan menjadi himpunan bilangan *fuzzy* yaitu *fuzzy mode transformation*, *fuzzy midrange transformation*, dan *fuzzy median transformation*.

Berbagai penelitian tentang *fuzzy* yang banyak dibahas antara lain tentang penggunaan *fuzzy* pada metode pendekatan probabilitas dan fungsi keanggotaan dalam membangun diagram kontrol pada data linguistik yang dilakukan oleh Raz dan Wang (1990), kemudian Faraz Shapiro (2010) memperkenalkan diagram kontrol *variabel random fuzzy* dengan menggunakan kasus data ketebalan komponen elektronik dan hasil dari penelitian tersebut adalah diagram kontrol *variabel random fuzzy* lebih sensitif dalam mendeteksi sinyal *out of control* pada kasus tersebut jika dibandingkan dengan diagram kontrol jenis shewart. M.Gulbay, & C. Kahraman (2006) mengembangkan suatu konsep untuk mengontruksi sebuah diagram kontrol c menjadi diagram kontrol berdasarkan himpunan fuzzy yang biasa disebut diagram kontrol *fuzzy c*. Dari hasil penelitian yang dilakukan Fuady (2014) diduga masih kurang tepat dalam pengidentifikasian proses produksi botol RC Cola 200 ml karena hanya mengkategorikan cacat dan tidak cacat saja. Pada teori himpunan *fuzzy*, *fuzzy* digunakan untuk mencari nilai tengah yang berada diantara kategori cacat dan tidak cacat saja. Oleh karena itu kita dapat menggabungkan diagram kontrol dengan teori himpunan *fuzzy* untuk mengontrol kualitas produk yang lebih akurat. Dari hal tersebut maka akan dilakukan penelitian tentang penerapan skema diagram kontrol *Fuzzy c* yang



dikembangkan oleh M. Gulbay, & C. Kahraman (2006), pada pengendalian proses produksi botol dengan tipe RC Cola 200ml di PT. IGLAS (Persero) Gresik.

Untuk mengetahui metode pengendalian kualitas statistik mana yang lebih baik, akan dilakukan perbandingan metode dengan menggunakan diagram kontrol *Fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy mode transformation* dan *fuzzy median Transformation*, disamping itu juga akan dilakukan perbandingan hasil penerapan dengan menggunakan diagram kontrol *c* klasik pada kecacatan produk botol tipe RC Cola 200ml dengan harapan dapat menjawab permasalahan-permasalahan tersebut. Hasil perbandingan dari penerapan diagram kontrol *Fuzzy c* dengan pendekatan transformasi dan diagram kontrol *c* akan dilihat berdasarkan jumlah data inspeksi kecacatan produk yang *out of control*.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana penerapan pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol *Fuzzy c* ?
2. Bagaimana hasil perbandingan diagram kontrol *Fuzzy c* dengan pendekatan *median transformation* dan *mode transformation* ?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dapat diperoleh tujuan dari penelitian sebagai berikut

1. Mendapatkan penerapan pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol *Fuzzy c*.
2. Mendapatkan hasil perbandingan diagram kontrol *Fuzzy c* dengan pendekatan *median transformation* dan *mode transformation*.

## 1.4 Manfaat

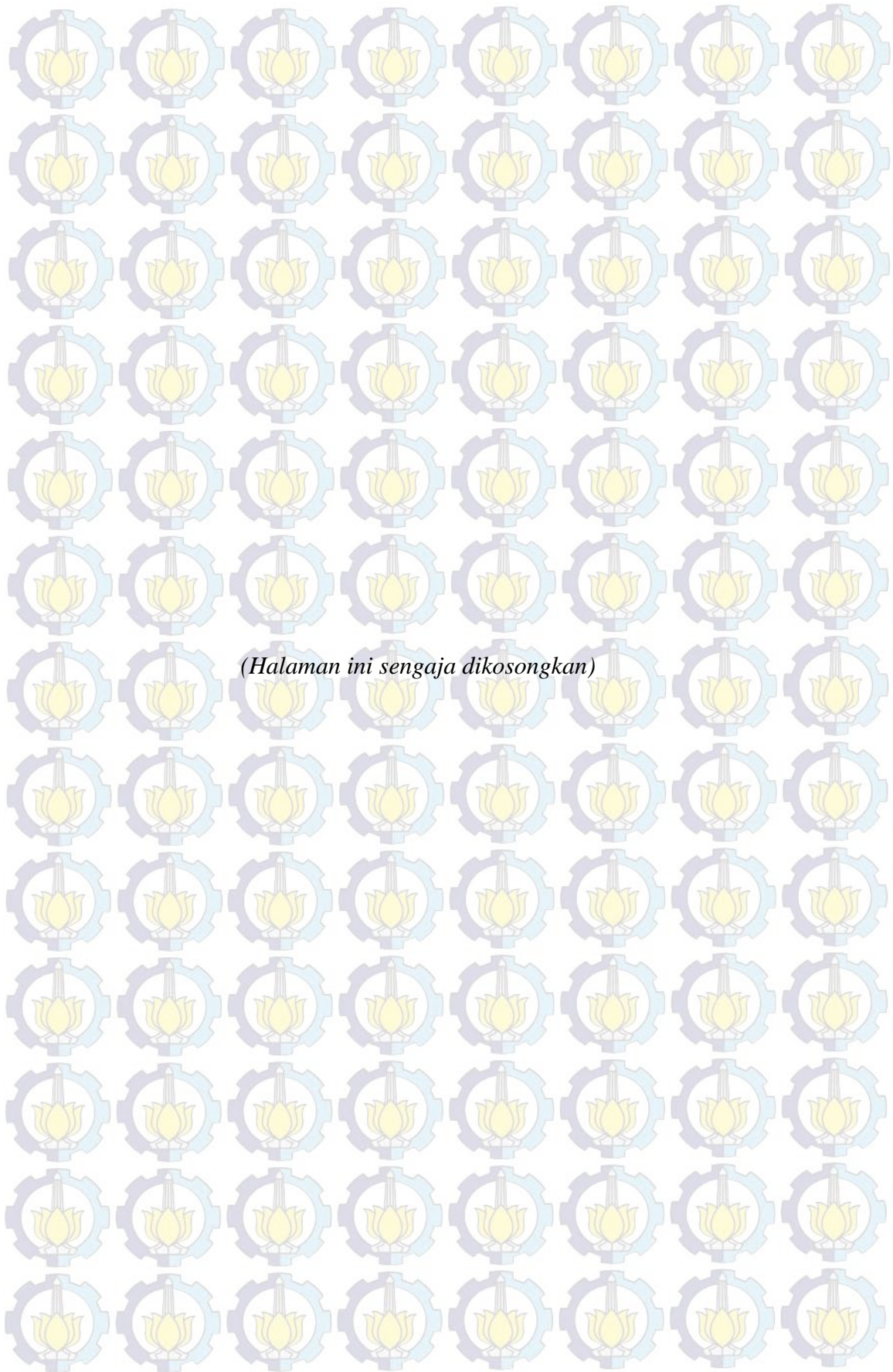
Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi dunia pendidikan mengenai ilmu statistika dalam hal pengontrolan kualitas yang diaplikasikan dengan menggunakan diagram kontrol *fuzzy*.



### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah data inspeksi kecacatan pada produksi botol bertipe RC Cola 200 ml dengan periode produksi pada 18 Agustus hingga 22 September 2011.







## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada proses produksi botol RC Cola 200ml PT. IGLAS di inspeksi secara harian dan memiliki beberapa karakteristik kualitas yang bersifat atribut. Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang menunjang dalam penerapan metode diagram kontrol atribut *fuzzy c* untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini yaitu antara lain Diagram Kontrol Atribut, Diagram Kontrol c Klasik, Review Perkembangan Diagram Kontrol *Fuzzy* Atribut, Diagram Kontrol *Fuzzy c*, *Fuzzy Mode Transformation*, dan *Fuzzy Median Transformation*.

#### 2.1 Diagram Kontrol Atribut

Diagram kontrol adalah peragaan diagram suatu karakteristik kualitas yang telah diukur atau dihitung dari sampel terhadap nomor sampel atau waktu (Montgomery, 2005). Pada dasarnya terdapat dua tipe diagram kontrol, yaitu diagram kontrol variabel dan diagram kontrol atribut. Diagram kontrol atribut (sifat) digunakan untuk mengevaluasi proses produksi yang karakteristik kualitasnya diukur dari banyak cacat atau proporsi produk yang dihasilkan, sedangkan diagram kontrol variabel merupakan diagram kontrol yang digunakan untuk mengendalikan karakteristik kualitasnya (Montgomery, 2005).

Setiap perusahaan membuat sendiri ketepatan standar dari sebuah produk yang dihasilkannya dan apabila produk tersebut tidak sesuai spesifikasi maka produk tersebut dikatakan “cacat” atau “tidak sesuai”. Tidak sedikit jenis cacat dalam suatu perusahaan yang dapat dinyatakan dalam numerik. Jenis cacat seperti itulah yang dinamakan atribut.

Kecacatan produk yang muncul dalam manufaktur kebanyakan merupakan kecacatan yang bersifat atribut. Atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan jenis cacat yang sesuai dengan spesifikasi atau tidak sesuai dengan spesifikasi. Menurut Ariani (2004), atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan, misalnya goresan, kesalahan, warna, atau ada bagian yang hilang. Beberapa diagram kontrol untuk data atribut adalah diagram



kontrol  $p$ ,  $np$ ,  $c$ , dan  $u$  (Montgomery, 2005). Diagram kontrol  $p$  digunakan bila kita memakai ukuran cacat berupa proporsi produk cacat dalam setiap sampel yang diambil dengan ukuran sampel ( $n$ ) tidak konstan, diagram kontrol  $np$  digunakan untuk memetakan jumlah item cacat (data diskrit) dengan ukuran sampel ( $n$ ) konstan, diagram kontrol  $c$  digunakan untuk memetakan jumlah cacat per unit yang terjadi dalam area peluang yang konstan (data diskrit), diagram kontrol  $u$  digunakan untuk memetakan jumlah rata-rata cacat per unit jika area peluang tidak konstan (data diskrit);

Menurut Ariani (2004), untuk menyusun diagram kontrol data atribut diperlukan langkah-langkah sebagai berikut

1. Menentukan sasaran yang akan dicapai

Sasaran ini akan mempengaruhi jenis diagram kontrol kualitas data atribut yang mana yang akan digunakan. Hal ini tentu saja dipengaruhi oleh jenis cacat suatu produk dan proses, apakah proporsi atau banyaknya kecacatan dalam sampel atau sub kelompok, atautkah bagian kecacatan dari suatu unit setiap kali mengadakan observasi.

2. Menentukan banyaknya sampel dan banyaknya observasi

Banyaknya sampel yang diambil akan mempengaruhi jenis diagram kontrol di samping jenis cacatnya.

3. Mengumpulkan data

Data yang dikumpulkan tentu disesuaikan dengan jenis diagram kontrol.

4. Menentukan garis pusat dan batas-batas pengendali

Biasanya perusahaan menggunakan  $\pm 3\sigma$  sebagai batas-batas pengendalnya karena dianggap paling seimbang.

5. Merevisi garis pusat dan batas-batas pengendali

Revisi terhadap garis pusat dan batas-batas pengendali dilakukan apabila pada diagram kontrol terdapat data yang berada diluar batas dan diketahui bahwa kondisi tersebut disebabkan karena penyebab khusus. Penyebab khusus adalah persoalan sistem atau proses sehingga ini merupakan tanggung jawab orang-orang yang bekerja terhadap sistem untuk melakukan perubahan sistem.



## 2.2 Diagram Kontrol *c* Klasik

Diagram kontrol untuk ketidaksesuaian dinamakan juga diagram kontrol *c*. Diagram kontrol *c* merupakan penggambaran dari variasi banyak produk cacat yang tidak memenuhi syarat spesifikasi kualitas dalam satu unit produk yang digunakan untuk mengendalikan proses produksi. Pada dasarnya diagram kontrol *c* mengikuti distribusi *poisson* karena kemungkinan untuk terjadi cacat dalam satu unit produk adalah tak terhingga, sementara kemungkinan terjadinya cacat dalam satu area unit produk sangat kecil bahkan mendekati nol. Hal tersebut disebabkan karena setiap perusahaan selalu mengusahakan agar tidak terjadi produk cacat disetiap produksi.

Langkah-langkah pembuatan diagram kontrol *c* adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan banyaknya subgrup yang akan diinspeksi ( $m$ )
2. Menghitung jumlah cacat dalam setiap subgrup ke- $i$ , dengan  $i = 1, 2, \dots, m$  ( $c_i$ )
3. Menghitung nilai rata-rata jumlah cacat sebagai garis tengah pada diagram kontrol *c* dengan rumus sebagai berikut.

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m} \quad (2.1)$$

4. Menghitung *Upper Control Limit* (*UCL*) dan *Lower Control Limit* (*LCL*) dengan rumus sebagai berikut

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.2)$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.3)$$

Apabila *UCL* menghasilkan nilai yang negatif, maka batas pengendali bawah dalam diagram kontrol *c* tersebut dianggap nol ( $UCL = 0$ ) (Ariani, 2004).

## 2.3 Review Perkembangan Diagram Kontrol *Fuzzy* Atribut

Kita dapat menggabungkan diagram kontrol dengan teori himpunan *fuzzy* untuk mengontrol kualitas produk lebih akurat karena teori himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggambarkan ketidakpastian dan ketidaktepatan. Untuk alasan ini, diagram kontrol *fuzzy* lebih sensitif daripada diagram kontrol Shewhart, Oleh karena itu, penggunaan yang benar dari diagram kontrol *fuzzy* mengarah pada memproduksi produk-produk berkualitas baik. Penggunaan diagram kontrol



*fuzzy* mengarah untuk menghasilkan produk yang lebih berkualitas. Bradshaw (1983), untuk pertama kalinya digunakan *fuzzy* set sebagai dasar untuk penjelasan pengukuran kesesuaian masing-masing unit produk dengan spesifikasi. Tzvi Raz dan Jyh-Hone Wang (1990) telah berusaha untuk penggunaan diagram kontrol *fuzzy* untuk variabel linguistik. Murat Gulbay, Cengiz Kahraman (2006), menggunakan pendekatan diagram kontrol *fuzzy* tanpa *defuzzification* apapun, dan H. Kashan (2006) menyarankan desain diagram kontrol untuk data variabel dan data atribut. Sistem inferensi *fuzzy* berlaku untuk mendeteksi pergeseran mean dan varians dalam proses. Mendeteksi variabilitas yang terjadi dalam proses dan menyelidiki penyebab variabilitas ini dapat membantu untuk meningkatkan kualitas produk. Pembangunan diagram kontrol *fuzzy* memiliki beberapa keuntungan, kontribusi utama dari teori himpunan *fuzzy* kemampuan mewakili data yang jelas. Diagram kontrol *fuzzy* berdasarkan spesifikasi data atribut dan data variabel. Diagram kontrol atribut bisa memonitor lebih dari satu karakteristik kualitas secara simultan dan perlu waktu untuk pemeriksaan kualitas produk. Diagram kontrol variabel digunakan untuk mengevaluasi variasi dalam proses dimana pengukuran adalah variabel yang dapat diukur pada skala kontinu (misalnya tinggi badan, berat badan, panjang, konsentrasi). Diagram kontrol atribut *fuzzy* dapat dibagi menjadi 4 kategori:

- a) Diagram kontrol *fuzzy p*
- b) Diagram kontrol *fuzzy c*
- c) Diagram kontrol *fuzzy np*
- d) Diagram kontrol *fuzzy u*

Setiap diagram kontrol yang disebutkan digunakan ketika situasi berikut dipenuhi: Diagram kontrol *fuzzy p* digunakan untuk mengendalikan fraksi tidak sesuai, pengamatan independen dan mendeteksi pergeseran mean dan varians dalam proses. Diagram kontrol *fuzzy c* digunakan untuk mengendalikan Jumlah ketidaksesuaian, observasi independen dan mendeteksi pergeseran mean dan varians dalam proses. Diagram *fuzzy np* digunakan untuk mengendalikan jumlah tidak sesuai, pengamatan independen dan mendeteksi pergeseran mean dan varians dalam proses. Diagram *fuzzy u* digunakan untuk mengendalikan



ketidaksesuaian per unit, observasi independen dan mendeteksi pergeseran mean dan varians dalam proses.

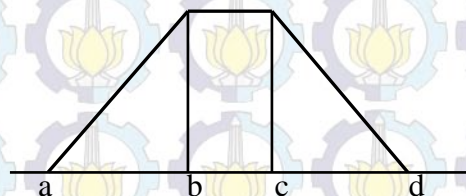
## 2.4 Diagram Kontrol Fuzzy c

Himpunan *fuzzy* adalah konsep yang mendasari lahirnya logika *fuzzy*. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai antara 0 sampai 1. Himpunan *fuzzy* merupakan sebuah himpunan yang anggotanya memiliki derajat keanggotaan tertentu. Setiap anggota memiliki derajat keanggotaan tertentu yang ditentukan oleh fungsi keanggotaan (*membership function*). Fungsi keanggotaan didefinisikan sebagai berikut : jika X adalah himpunan semesta, maka fungsi keanggotaan  $\mu_A$  (fungsi keanggotaan fungsi karakteristik A pada X) yang didefinisikan oleh himpunan *fuzzy* A memiliki ketentuan sebagai berikut :

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1]$$

dimana  $[0, 1]$  adalah interval bilangan real dari nol sampai satu. Dua himpunan A dan B dinyatakan sama jika dan hanya jika  $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ . Jika  $\mu_A$  bernilai nol, berarti x bukan anggota dari himpunan *fuzzy* A. Jika  $\mu_A$  bernilai satu, menunjukkan x adalah anggota penuh dari himpunan *fuzzy* A.

Kriteria kualitas produk seperti baik dan cacat, namun pada kenyataanya kualitas sebuah produk tidak serta merta langsung berubah dari baik dan cacat, maka dari itu diperlukan adanya penilaian tengah untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c* untuk menganalisis proses pengendalian kualitas. Diagram kontrol *fuzzy c* ini merupakan pengembangan dari diagram kontrol c. Dalam kasus *fuzzy*, masing-masing sampel atau subgrup dapat diwakili oleh sejumlah bilangan *fuzzy* trapesium (a, b, c, d).



Gambar 2.1 Ilustrasi Trapezoidal Fuzzy Number

Jika ada  $m$  sampel dan masing-masing sampel diwakili oleh bilangan *fuzzy* trapesium  $(a_j, b_j, c_j, d_j)$ , dengan  $j = 1, 2, \dots, m$ , maka garis tengah (CL) adalah



rata-rata dari sampel *fuzzy* yang dinyatakan sebagai  $(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$ . Nilai  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$  adalah rata-rata dari  $(a_j, b_j, c_j, d_j)$  yang dirumuskan seperti persamaan berikut

$$CL = \left( \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m c_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m d_j}{m} \right) = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) \quad (2.4)$$

Batas Kontrol Atas dan Bawah dari diagram kontrol *fuzzy*  $c$  dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} CL &= (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) \\ LCL &= CL - 3\sqrt{CL} = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) - 3\sqrt{(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})} \\ &= (\bar{a} - 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} - 3\sqrt{\bar{d}}) \\ &= (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4) \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} UCL &= CL + 3\sqrt{CL} = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) + 3\sqrt{(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})} \\ &= (\bar{a} + 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} + 3\sqrt{\bar{d}}) \\ &= (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Nilai  $\alpha$ -cut dapat diartikan sebagai pemeriksaan atau penginspeksian yang ketat dan dapat didefinisikan secara subyektif oleh manajer kualitas. Semakin tinggi nilai  $\alpha$  maka proses penginspeksian produk semakin ketat, namun sebaliknya, apabila nilai  $\alpha$  semakin rendah maka proses penginspeksian produk semakin longgar. Nilai  $\alpha$ -cut dapat ditentukan dari 0 sampai dengan 1. Nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  didapatkan dengan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} a^\alpha &= a + \alpha(b - a) \\ d^\alpha &= d - \alpha(d - c) \end{aligned} \quad (2.7)$$

dimana  $\alpha$  adalah tingkat ketelitian pada proses inspeksi



Sehingga batas kontrol atas dan bawah fuzzy  $\alpha$ -cut dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 CL^\alpha &= (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) = (CL_1^\alpha, CL_2, CL_3, CL_4^\alpha) \\
 LCL^\alpha &= CL^\alpha - 3\sqrt{CL^\alpha} = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) - 3\sqrt{(\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha)} \\
 &= (\bar{a}^\alpha - 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha - 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}) \\
 &= (LCL_1^\alpha, LCL_2, LCL_3, LCL_4^\alpha)
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

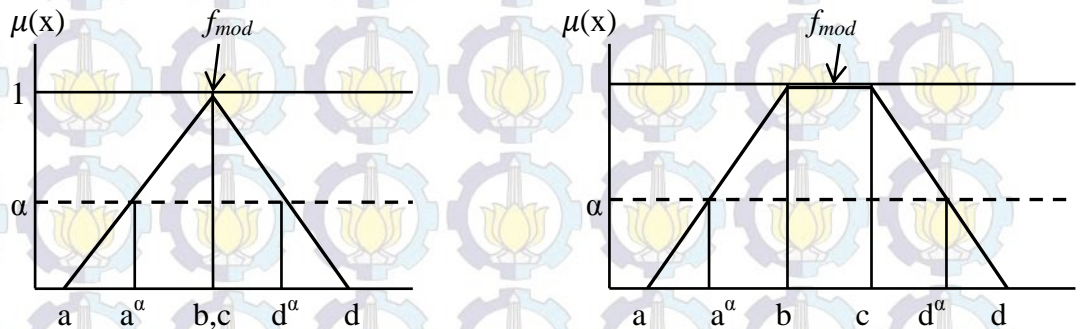
$$\begin{aligned}
 UCL^\alpha &= CL^\alpha + 3\sqrt{CL^\alpha} = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) + 3\sqrt{(\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha)} \\
 &= (\bar{a}^\alpha + 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha + 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}) \\
 &= (UCL_1^\alpha, UCL_2, UCL_3, UCL_4^\alpha)
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

#### 2.4.1 Fuzzy Mode Transformation

Nilai  $\alpha$ -cut pada persamaan (2.7) selanjutnya menyatakan derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy. *Fuzzy Mode Transformation* dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$f^\alpha = \{x \in X | \mu_f(x) = \alpha\}$$

*Fuzzy Mode* dari himpunan fuzzy ditunjukkan pada gambar 2.2 adalah nilai variabel dasar,  $x$ , dimana derajat keanggotaannya  $(\mu_f(x))$  sama dengan 1. Karena nilai  $\alpha$  untuk *fuzzy mode* selalu bernilai 1,  $\mu_f(x) = 1$ , maka dari persamaan diatas didapatkan nilai  $(f^\alpha)$  untuk *fuzzy mode* adalah  $f^1 = f_{mode} = \{x \in X | \mu_f(x) = 1\}$



**Gambar 2.2** Ilustrasi fungsi keanggotaan untuk *Fuzzy Mode Triangular Fuzzy Number* dan *Trapezoidal Fuzzy Number*



Untuk sampel ke- $j$ ,  $S_{\text{mod}}$ , dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut

$$S_{\text{mod},j} = [b_j, c_j], \quad (2.10)$$

Sehingga batas kontrol atas dan bawah *fuzzy mode* dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} CL_{\text{mod}} &= f_{\text{mod}}(CL) = [CL_2, CL_3] \\ LCL_{\text{mod}} &= CL_{\text{mod}} - 3\sqrt{CL_{\text{mod}}} \\ &= [(CL_2 - 3\sqrt{CL_2}), (CL_3 - 3\sqrt{CL_3})] \\ &= [LCL_2, LCL_3] \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} UCL_{\text{mod}} &= CL_{\text{mod}} + 3\sqrt{CL_{\text{mod}}} \\ &= [(CL_2 + 3\sqrt{CL_2}), (CL_3 + 3\sqrt{CL_3})] \\ &= [UCL_2, UCL_3] \end{aligned} \quad (2.12)$$

Setelah menghitung batas kontrol, *fuzzy mode* dari setiap sampel akan dibandingkan dengan interval ini untuk menentukan apakah sampel menunjukkan dalam keadaan *in-control* atau *out-of-control*. Jika nilai  $S_{\text{mod},j}$  benar-benar berada di dalam batas kendali maka sampel ke- $j$  *in-control*, sebaliknya sampel yang benar-benar berada diluar batas kendali maka *out-of-control*. Pada sampel *fuzzy mode* jika sebagian masuk dalam batas kontrol, presentase ( $\beta_j$ ) dari himpunan dapat dibandingkan dengan persentase yang telah ditetapkan dapat diterima ( $\beta$ ), maka dapat diputuskan sebagai “*rather in control*” jika  $\beta_j \geq \beta$  atau “*rather out of control*” jika  $\beta_j \leq \beta$ , dimana

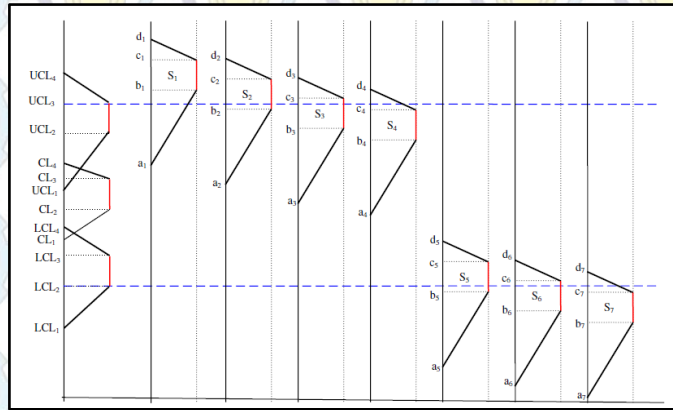
$$\beta_j = \begin{cases} 0, & \text{untuk } b_j \geq UCL_3, \\ \frac{UCL_3 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{untuk } (LCL_2 \leq b_j \leq UCL_3) \wedge (c_j \geq UCL_3), \\ 1, & \text{untuk } (b_j \geq LCL_2) \wedge (c_j \leq UCL_3), \\ \frac{LCL_2 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{untuk } (b_j \leq LCL_2) \wedge (LCL_2 \leq c_j \leq UCL_3), \\ 0, & \text{untuk } c_j \leq LCL_2. \end{cases} \quad (2.13)$$



Keputusan pengendalian proses pada *fuzzy mode* diilustrasikan sebagai berikut

$$Keputusan = \begin{cases} in-control & , \text{ untuk } \beta_j = 1 \quad (b_j \geq LCL_2 \wedge c_j \leq UCL_3) , \\ out-of-control & , \text{ untuk } \beta_j = 0 \quad (b_j \geq UCL_3 \vee c_j \leq LCL_2) \\ rather in-control & , \text{ untuk } \beta_j \geq \beta \\ rather out-control & , \text{ untuk } \beta_j < \beta \end{cases} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} in-control \\ out-of-control \\ rather in-control \\ rather out-control \end{matrix}} \right\} \text{lainnya}$$

Berikut contoh ilustrasi *diagram kontrol fuzzy c* dengan pendekatan *mode transformation*



**Gambar 2.3** Ilustrasi diagram kontrol *mode transformation*

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa sampel ke-1 dan ke-7 mendapatkan keputusan *out-of-control*, sampel ke-4 mendapatkan keputusan *in-control*, sampel ke-2 dan ke-6 mendapatkan keputusan *Rather-out-control*, sedangkan pada sampel ke-3 dan ke-5 mendapatkan keputusan *Rather-in-control*.

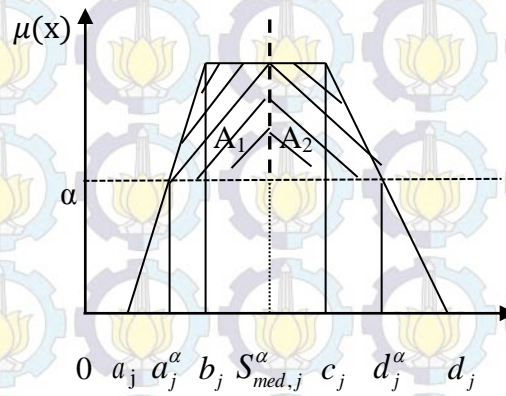
#### 2.4.2 Fuzzy Median Transformation

Nilai *fuzzy median*,  $f_{med}^\alpha$ , adalah titik yang membagi kurva fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* menjadi 2 wilayah yang sama di tingkat  $\alpha$ . *Fuzzy Median Transformation* dapat didefinisikan sebagai berikut

$$f^\alpha = \{x \in X | \mu_f(x) = \alpha\}$$

dengan  $\alpha = \frac{1}{2}$  sehingga  $(f^\alpha)$  untuk *fuzzy median* adalah  $f^{\frac{1}{2}} = f_{med} = \{x \in X | \mu_f(x) = \frac{1}{2}\}$ , dengan derajat keanggotaan  $(\mu_f(x))$  dari *fuzzy median* adalah  $\frac{1}{2}$ .





**Gambar 2.4** ilustrasi fuzzy median ( $A_1=A_2$ )

Untuk sampel ke- $j$ ,  $S_{med}^{\alpha}$ , seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.4 dan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut

$$S_{med,j}^{\alpha} = \frac{1}{4} (a_j^{\alpha} + b_j + c_j + d_j^{\alpha}) \quad (2.14)$$

Sehingga batas kontrol atas dan bawah nilai *fuzzy median* dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut

$$CL_{med}^{\alpha} = f_{med}^{\alpha}(CL) = \frac{1}{4} (CL_1^{\alpha} + CL_2 + CL_3 + CL_4^{\alpha}) \quad (2.15)$$

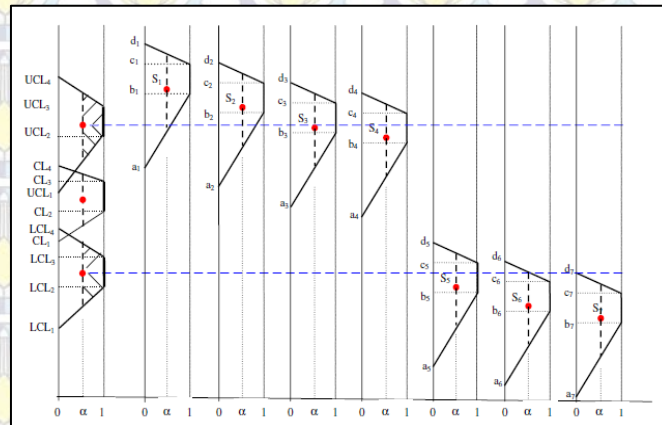
$$LCL_{med}^{\alpha} = CL_{med}^{\alpha} - 3\sqrt{CL_{med}^{\alpha}} \quad (2.16)$$

$$UCL_{med}^{\alpha} = CL_{med}^{\alpha} + 3\sqrt{CL_{med}^{\alpha}} \quad (2.17)$$

Kondisi pengendalian proses pada *fuzzy median* adalah sebagai berikut

$$Keputusan = \begin{cases} in-control & , \text{ untuk } LCL_{med}^{\alpha} \leq S_{med,j}^{\alpha} \leq UCL_{med}^{\alpha} \\ out-of-control, & \text{ untuk lainnya} \end{cases} \quad (2.18)$$

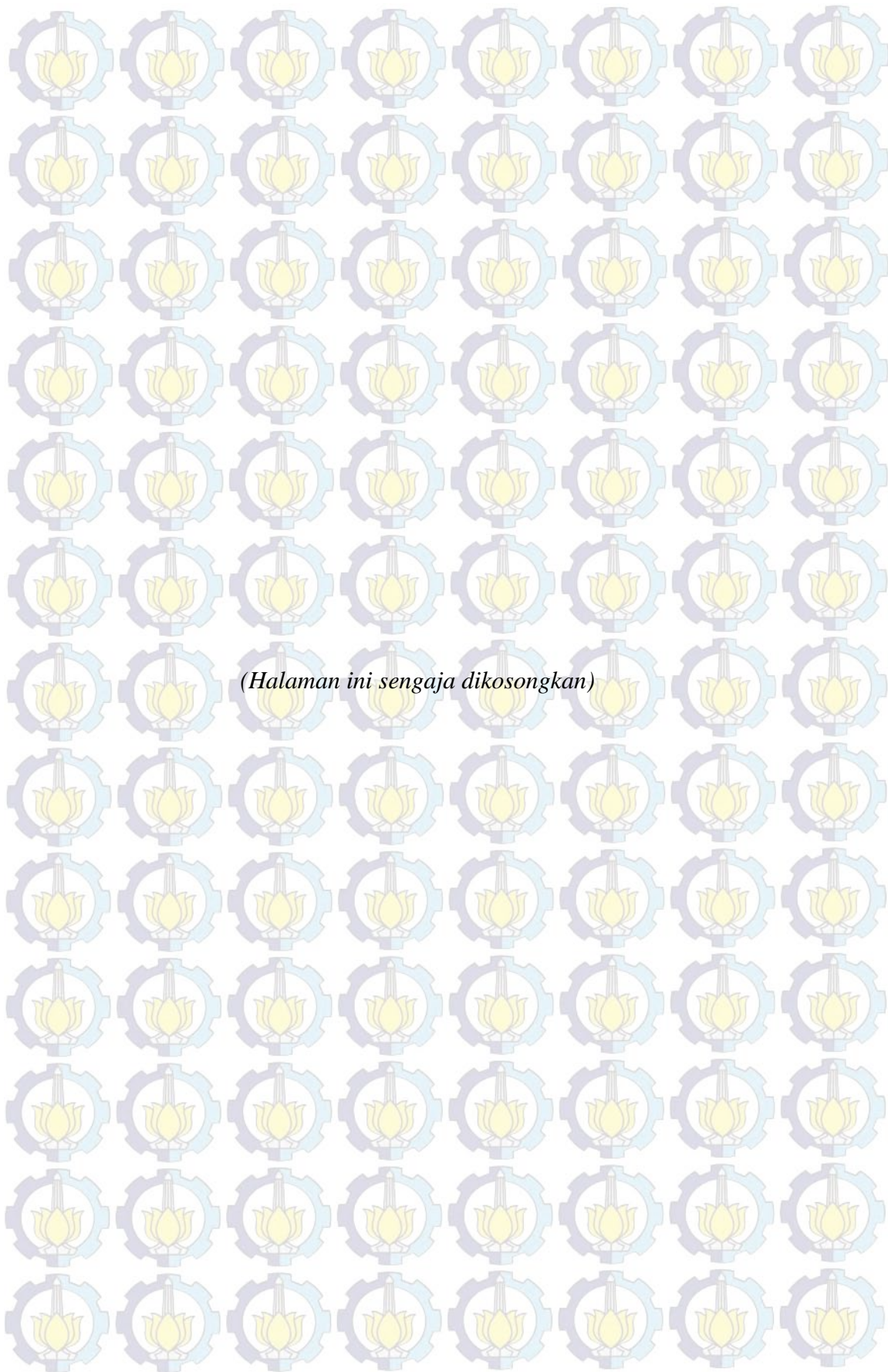
Berikut contoh ilustrasi *diagram kontrol fuzzy c dengan pendekatan median transformation*.



**Gambar 2.5** Ilustrasi diagram kontrol *median transformation*

Dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa sampel ke-1, 2, 5, 6 dan ke-7 mendapatkan keputusan *out-of-control*, sedangkan pada sampel ke-3 dan ke-4 mendapatkan keputusan *in-control*.





## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Data diambil dari tugas akhir Fuady (2014) dengan judul pengendalian kualitas produksi di PT. IGLAS (Persero) Gresik dengan menggunakan diagram kontrol *Decision On Belief* (DOB) dengan data hasil inspeksi produksi botol tipe RC Cola 200 ml pada satu periode produksi yang dilakukan mulai tanggal 18 Agustus sampai dengan 22 September 2011.

Pengambilan sampel pada penelitian ini dengan melakukan pengamatan pada tahap sortir selama 36 hari. Sampel diambil 2 botol kaca dalam setiap jam per mesin, jadi dalam satu hari didapatkan 48 botol dari satu mesin. Jumlah mesin yang digunakan untuk produksi ada 14 mesin sehingga jumlah sampel yang diambil dalam satu hari adalah sama yaitu sebanyak 672 botol.

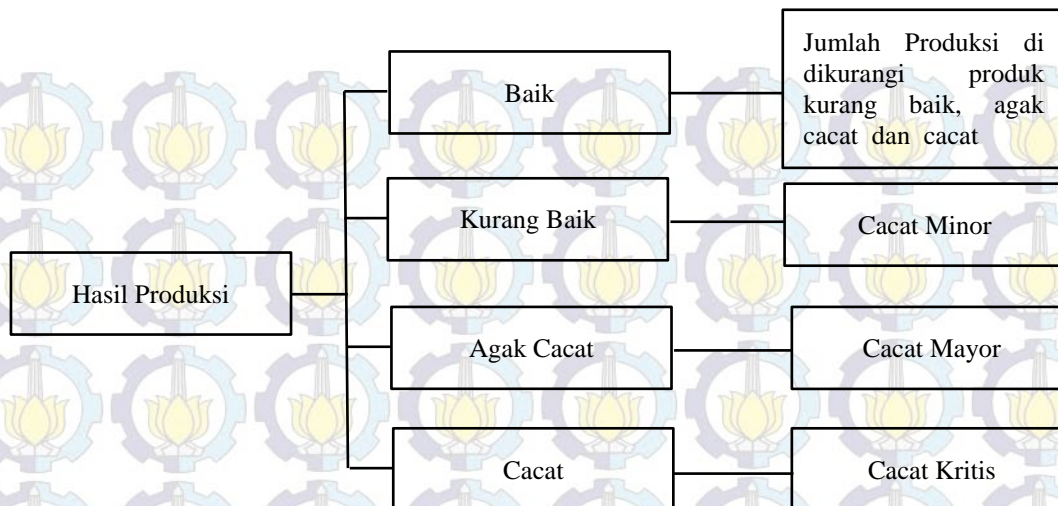
#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel-variabel penelitian ini adalah hasil produksi botol tipe RC Cola 200ml PT. IGLAS (Persero) Gresik yang diklasifikasikan menjadi empat karakteristik kualitas variabel hasil produksi. Hasil produksi adalah variabel yang memuat jumlahan dari hasil satu kali produksi botol RC Cola 200ml yang pada penelitian ini sampel diambil selama 36 hari. Variabel hasil produksi terdiri dari empat karakteristik kualitas yaitu :

- a. Cacat
- b. Agak Cacat
- c. Kurang Baik
- d. Baik

Hasil klasifikasi data dari variabel di atas dapat disajikan dalam diagram alir sebagai berikut :





**Gambar 3.1** Diagram Alir Klasifikasi data  
Karakteristik variabel tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Kurang Baik (Cacat Minor)

Cacat Minor merupakan suatu cacat botol yang secara nampak atau rupa kurang baik sehingga dapat mempengaruhi penampilan produk, kriteria jenis cacat ini adalah *Offsed Body*, *Crizzle* dan *Cold Mould*

2. Agak Cacat (Cacat Mayor)

Cacat mayor atau biasa disebut dengan cacat fungsional yaitu merupakan suatu cacat botol yang dapat mengakibatkan kegagalan dalam proses pada pelanggan, kriteria cacat jenis ini yaitu *Choked Neck*, *Blow Pipe Mark* dan *Crack On Ring*

3. Cacat (Cacat Kritis)

Merupakan suatu cacat botol yang membahayakan orang lain atau pengguna dan dapat mengakibatkan kegagalan dalam proses pada pelanggan, untuk kriteria cacat jenis ini adalah *Over Press*.

**Tabel 3.1** Jenis-jenis Kecacatan

No	Jenis Cacat	Keterangan
1	<i>Over Press</i>	Kelebihan gelas tajam yang menonjol ke atas pada lubang <i>finish</i>
2	<i>Cr On Ring</i>	Retak-retak pada <i>ring</i> / kepala botol
3	<i>Choked Neck</i>	Lubang <i>bore</i> yang menyempit bagian dalam
4	<i>Blow Pipe Mark</i>	Sebagian gelas yang kadang kala tajam pada dinding <i>neck</i> / leher botol
5	<i>Offsed Body</i>	Sambungan <i>body</i> botol tidak rata
6	<i>Crizzle</i>	Lipatan gelas tidak teratur pada permukaan gelas
7	<i>Cold Mould</i>	Botol tampak bergelombang karena cetakan dingin



**Tabel 3.2** Struktur Organisasi Data

Hasil Produksi				
Sub grup / Hari	Cacat	Agak Cacat	Kurang Baik	Baik
1	$C_{1a}$	$C_{1b}$	$C_{1c}$	$C_{1d}$
2	$C_{2a}$	$C_{2b}$	$C_{2c}$	$C_{2d}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
m	$C_{ma}$	$C_{mb}$	$C_{mc}$	$C_{md}$

Keterangan :

$C_{ia}$  = Jumlah hasil produksi yang cacat pada sampel ke-i

$C_{ib}$  = Jumlah cacat kategori agak cacat pada sampel ke-i

$C_{ic}$  = Jumlah cacat kategori kurang baik pada sampel ke-i

$C_{id}$  = Jumlah cacat kategori baik pada sampel ke-i

m = Banyaknya sampel (36 hari)

Jumlah produksi = 672 Botol / hari

### 3.3 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian di PT. IGLAS (Persero)

Gresik akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Membuat diagram kontrol *fuzzy c* dengan langkah sebagai berikut
  - a. Mengumpulkan literatur untuk mendukung penelitian. Kajian utama penelitian ini adalah literatur diagram kontrol *fuzzy*.
  - b. Mengidentifikasi variabel sesuai dengan studi literatur
  - c. Menghitung nilai *mean* dari masing-masing karakteristik kualitas dengan rumus  $CL = \bar{C}_j = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{m}$
  - d. Menghitung nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  dengan menggunakan persamaan (2.7)
  - e. Menghitung batas kontrol atas dan bawah  $\alpha$ -cut dengan menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9).
  - f. Menghitung nilai statistik ( $S_j^\alpha$ ) untuk titik-titik sampel ( $a^\alpha$ , b, c,  $d^\alpha$ ) dengan menggunakan *fuzzy mode transformation* dan *fuzzy median transformation*

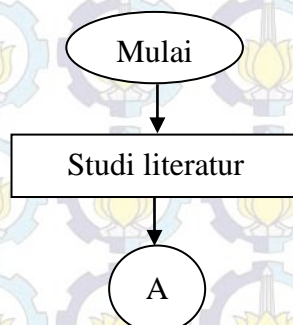


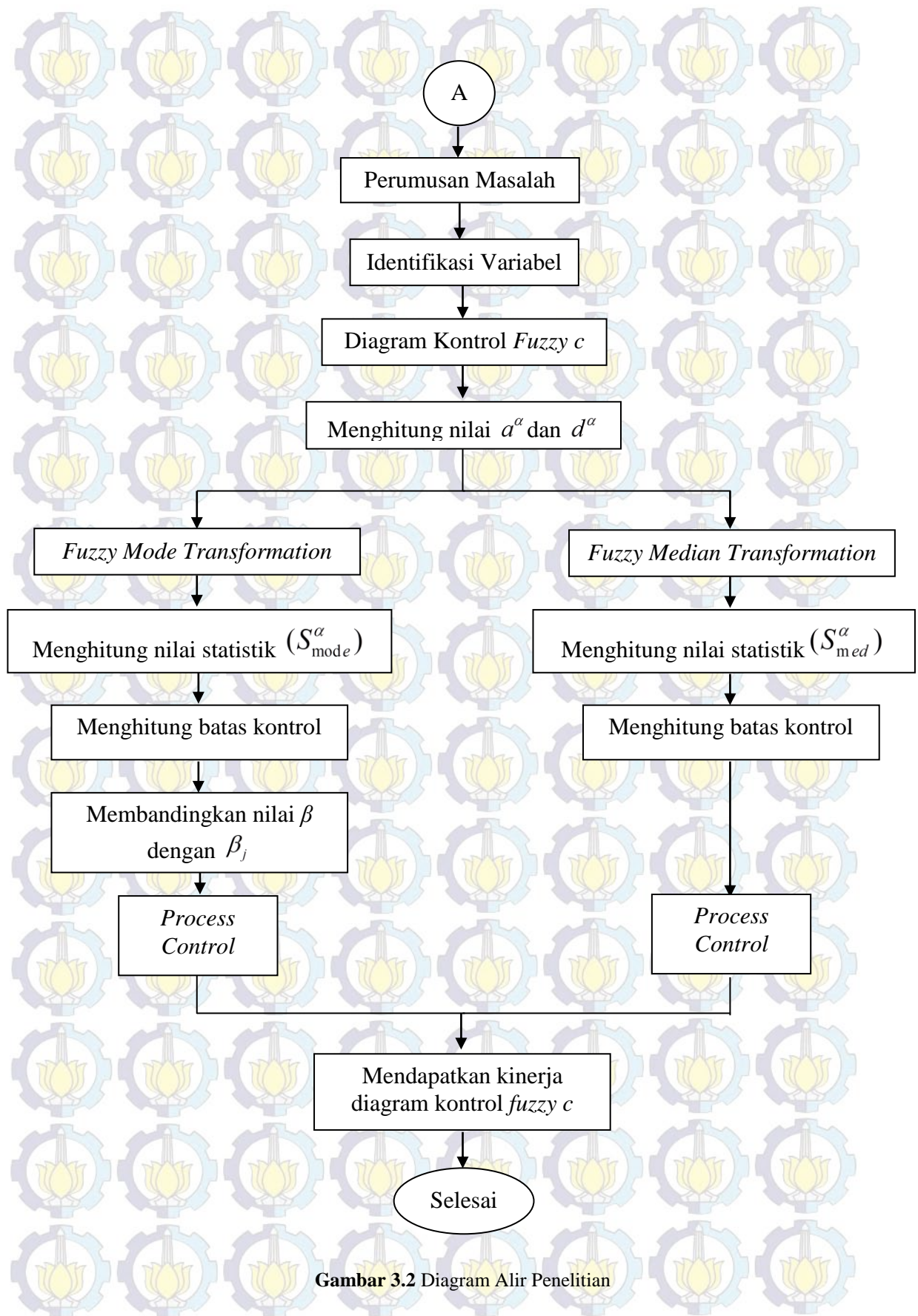
- g. Menghitung batas kontrol atas dan bawah *fuzzy mode transformation* dan *fuzzy median transformation* dengan menggunakan persamaan (2.11), (2.12), (2.16) dan (2.17)
- h. Menentukan komponen fungsi keanggotaan dari *fuzzy mode transformation* pada persamaan (2.13)
- i. Mendapatkan nilai  $\beta_j$  berdasarkan kriteria pada persamaan (2.13)
- j. Membandingkan nilai  $\beta$  dengan ( $\beta_j$ )
- k. Membuat plot titik pengamatan pada diagram kontrol *fuzzy c*.
- l. *Proses Control*, yaitu suatu proses untuk memutuskan dimana suatu proses produksi berada pada kondisi *in-control* atau *out-of-control*
2. Hasil Perbandingan Diagram Kontrol *fuzzy c*

Pengolahan berdasarkan penerapan dua tahap diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy mode transformation*, *fuzzy median transformation* dan diagram kontrol *c* klasik pada kecacatan produk botol tipe RC Cola 200ml. Perbandingan hasil penerapan tahap kedua adalah dengan membuang titik pengamatan yang *out of control* kemudian dilakukan perhitungan kembali, setelah itu observasi kembali pada tahap dua dibandingkan kembali pada diagram kontrol *fuzzy c mode transformation*, *fuzzy c median transformation* dan diagram kontrol *c* klasik dengan kriteria tentang kesensitifan ketiga diagram kontrol, dan kemudian akan diperoleh kesimpulan tentang kesensitifan diagram kontrol dalam mendeteksi data yang keluar dari batas kontrol.

### 3.4 Diagram Alir

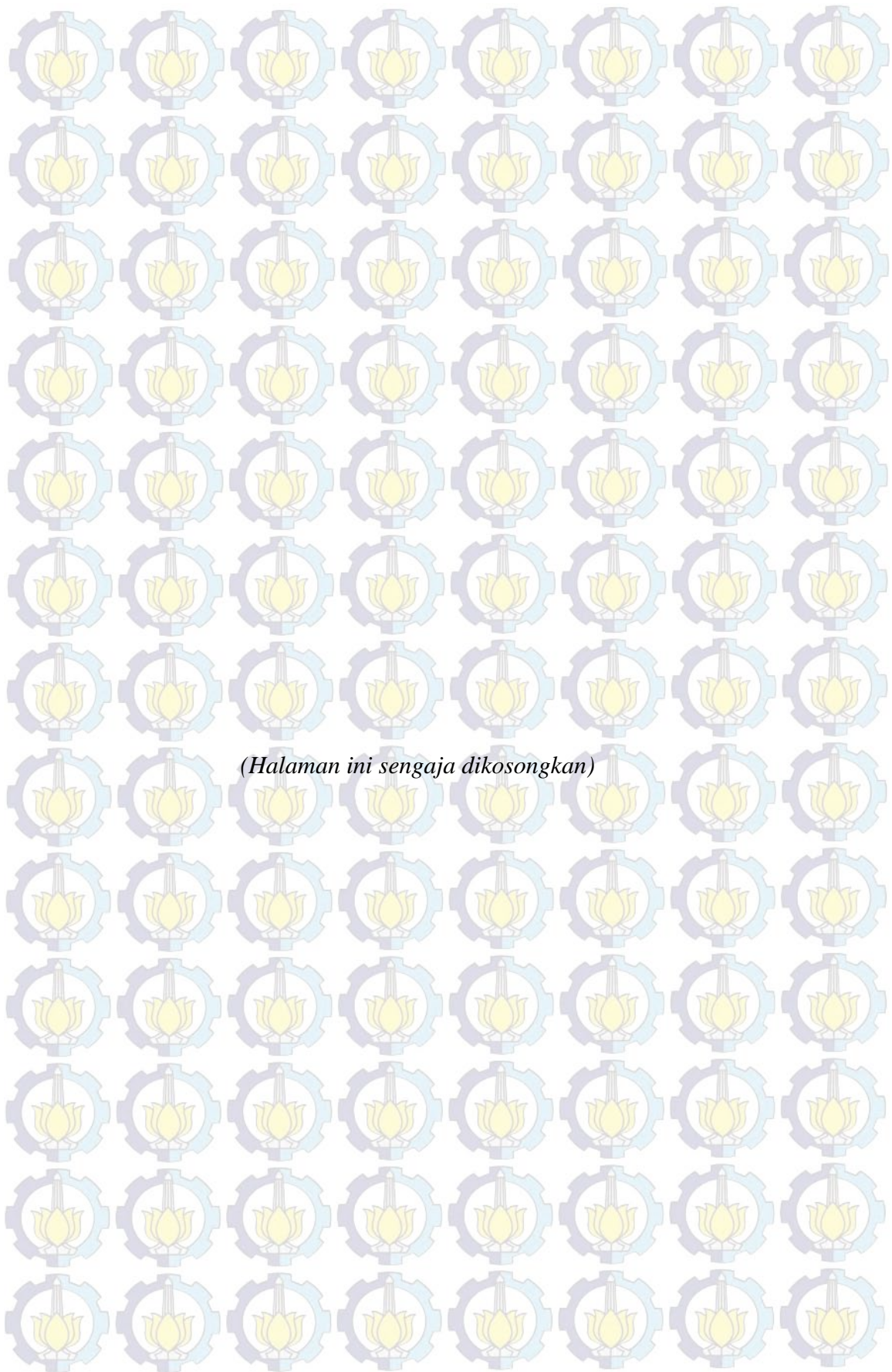
Langkah-langkah analisis data pada penelitian ini dapat digambarkan dengan menggunakan diagram alir seperti pada Gambar 3.1.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian







## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang konsep pengembangan diagram kontrol *fuzzy c*, penerapan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy transformation*. Disamping itu juga dibahas tentang perbandingan hasil penerapan diagram kontrol *fuzzy c* dengan diagram kontrol *c* pada kecacatan produk botol tipe RC Cola 200ml

### 4.1 Diagram Kontrol *Fuzzy c*

Pengendalian proses produksi botol tipe RC Cola 200ml dilakukan untuk melihat keseragaman data dengan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c* dari data kecacatan di PT. IGLAS (Persero) Gresik dalam satu periode produksi, yaitu pada tanggal 18 Agustus sampai 22 September 2011. Pada penelitian ini, penerapan diagram kontrol *fuzzy c* dibagi menjadi dua metode transformasi. Transformasi pertama akan dilakukan pengontrolan untuk data yang telah di transformasi dengan menggunakan *fuzzy median* transformasi, sedangkan transformasi kedua akan dilakukan pengontrolan terhadap data yang telah di transformasi dengan menggunakan *fuzzy mode* transformasi. Diagram kontrol *fuzzy c* dapat digunakan ketika produk dikategorikan kedalam tingkat kecacatan yang tertera pada Tabel 4.1. Untuk hari ke-1 nilai a, b, c, dan d dihitung dengan cara sebagai berikut: misalkan diambil sampel hari pertama

Hari	Cacat	Agak Cacat	Kurang Baik	Baik
1	14	10	26	622

Kemudian menjumlahkan secara kumulatif berdasarkan nilai-nilai dari karakteristik kualitas demi karakteristik kualitas sehingga membentuk titik a, b, c, d sebagai berikut

Hari	a	b	c	d
1	14	24	50	672

Untuk hari ke-2 dan seterusnya, nilai a, b, c dan d dihitung dengan cara yang sama.



**Tabel 4.1** Data *Trapezoid Fuzzy Number*

Hari	a	b	c	d	Hari	a	b	c	d
1	14	24	50	672	19	2	5	40	672
2	0	6	68	672	20	2	14	42	672
3	14	26	68	672	21	4	41	59	672
4	0	15	91	672	22	0	28	58	672
5	0	34	70	672	23	0	38	48	672
6	2	64	64	672	24	0	59	95	672
7	0	35	77	672	25	0	50	104	672
8	2	37	46	672	26	0	28	39	672
9	0	19	19	672	27	4	26	48	672
10	0	10	36	672	28	10	34	152	672
11	0	17	34	672	29	0	29	79	672
12	0	14	18	672	30	0	13	59	672
13	0	23	51	672	31	0	24	56	672
14	0	33	73	672	32	0	23	53	672
15	0	20	37	672	33	0	25	53	672
16	4	23	33	672	34	0	37	51	672
17	4	21	47	672	35	0	39	58	672
18	0	37	55	672	36	0	0	8	672
Jumlah					62	971	2039	24192	

#### 4.1.1 Diagram Kontrol *Fuzzy c* dengan *Fuzzy median transformation*

*Fuzzy median transformation*,  $f_{med}^{\alpha}$ , adalah titik yang membagi kurva fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* menjadi 2 wilayah yang sama di tingkat  $\alpha$ . Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy median transformation* ini adalah mencari nilai *Center Line* (CL) yang merupakan nilai mean dari sampel berupa bilangan *fuzzy*  $(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$  dengan jumlah sampel 36 hari, dimana perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$CL = \left( \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m c_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m d_j}{m} \right) = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)$$



Nilai  $\sum_{j=1}^m a_j, \sum_{j=1}^m b_j, \sum_{j=1}^m c_j, \sum_{j=1}^m d_j$  bisa dilihat dari tabel 4.1

$$CL = \left( \frac{62}{36}, \frac{971}{36}, \frac{2039}{36}, \frac{24192}{36} \right) = (1,72, 26,97, 56,64, 672)$$

Kemudian mencari nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  berdasarkan persamaan (2.7).

Untuk perhitungan nilai  $a^\alpha$  (untuk  $\alpha = 1/2$ ) pada setiap sampel didapatkan hasil seperti berikut

$$a_j^\alpha = a_j + \alpha(b_j - a_j)$$

$$a_1^\alpha = a_1 + \alpha(b_1 - a_1) = 14 + (0,5)(24 - 14) = 19$$

⋮

$$a_{36}^\alpha = a_{36} + \alpha(b_{36} - a_{36}) = 0 + (0,5)(0 - 0) = 0$$

Kemudian perhitungan nilai  $d^\alpha$  pada setiap sampel dijabarkan sebagai berikut

$$d_j^\alpha = d_j - \alpha(d_j - c_j)$$

$$d_1^\alpha = d_1 - \alpha(d_1 - c_1) = 672 - (0,5)(672 - 50) = 361$$

⋮

$$d_{36}^\alpha = d_{36} - \alpha(d_{36} - c_{36}) = 672 - (0,5)(672 - 8) = 340$$

Perhitungan nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  secara lengkap berada pada lampiran. Berikut

hasil dari perhitungan nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Fuzzy Number  $\alpha$ -cut

Hari	$a^\alpha$	b	c	$d^\alpha$	Hari	$a^\alpha$	b	c	$d^\alpha$
1	19	24	50	361	15	10	20	37	354,5
2	3	6	68	370	16	13,5	23	33	352,5
3	20	26	68	370	17	12,5	21	47	359,5
4	7,5	15	91	381,5	18	18,5	37	55	363,5
5	17	34	70	371	19	3,5	5	40	356
6	33	64	64	368	20	8	14	42	357
7	17,5	35	77	374,5	21	22,5	41	59	365,5
8	19,5	37	46	359	22	14	28	58	365
9	9,5	19	19	345,5	23	19	38	48	360
10	5	10	36	354	24	29,5	59	95	383,5
11	8,5	17	34	353	25	25	50	104	388
12	7	14	18	345	26	14	28	39	355,5
13	11,5	23	51	361,5	27	15	26	48	360
14	16,5	33	73	372,5	28	22	34	152	412



Lanjutan Tabel 4.2 Fuzzy Number  $\alpha$ -cut

Hari	$a^\alpha$	b	c	$d^\alpha$	Hari	$a^\alpha$	b	c	$d^\alpha$
29	14,5	29	79	375,5	33	12,5	25	53	362,5
30	6,5	13	59	365,5	34	18,5	37	51	361,5
31	12	24	56	364	35	19,5	39	58	365
32	11,5	23	53	362,5	36	0	0	8	340

Kemudian untuk mendapatkan sampel ke-j,  $S_{med}^\alpha$ , seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2 dan dapat dihitung menggunakan persamaan

(2.14) sebagai berikut:

$$S_{med,1}^\alpha = \frac{1}{4}(a_1^\alpha + b_1 + c_1 + d_1^\alpha) = \frac{1}{4}(19 + 24 + 50 + 361) = 113,5$$

⋮

$$S_{med,36}^\alpha = \frac{1}{4}(a_{36}^\alpha + b_{36} + c_{36} + d_{36}^\alpha) = \frac{1}{4}(0 + 0 + 8 + 340) = 87$$

Sehingga untuk mendapatkan nilai *Center Line* ( $CL_{med}$ ), batas kontrol atas ( $UCL_{med}$ ), dan batas kontrol bawah ( $LCL_{med}$ ) dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan (2.15), (2.16) dan (2.17) sebagai berikut :

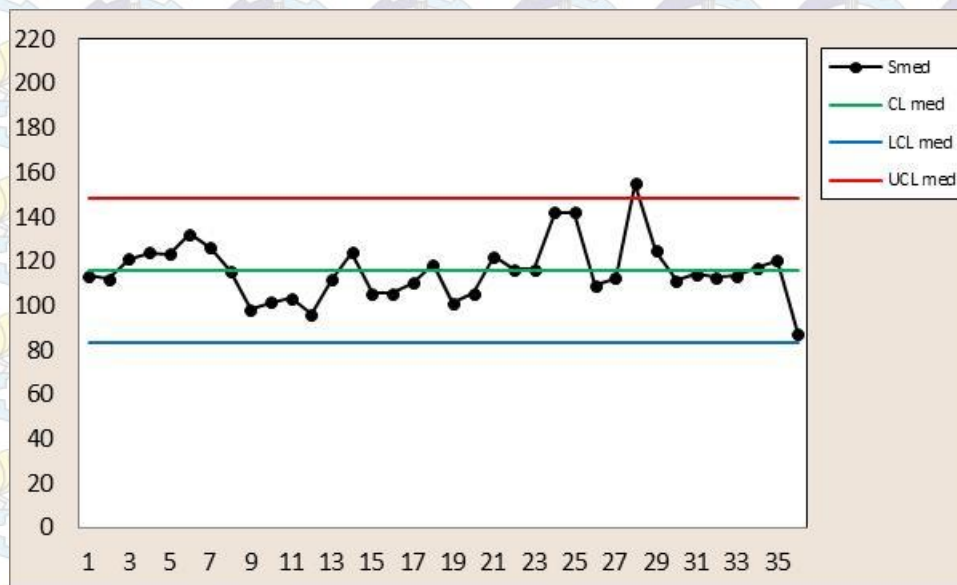
$$CL_{med}^\alpha = \frac{1}{4}(CL_1^\alpha + CL_2 + CL_3 + CL_4^\alpha)$$

$$CL_{med}^\alpha = \frac{1}{4}(14,35 + 26,97 + 56,64 + 364,32) = 115,57$$

$$\begin{aligned} LCL_{med}^\alpha &= 115,57 - 3\sqrt{115,57} \\ &= 83,318 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCL_{med}^\alpha &= 115,57 + 3\sqrt{115,57} \\ &= 147,82 \end{aligned}$$





**Gambar 4.1** Diagram kontrol *fuzzy c median transformation*

Berdasarkan Gambar 4.1 merupakan pengendalian kualitas proses produksi botol RC Cola 200ml menggunakan diagram kontrol *fuzzy c median transformation*. Garis yang berwarna hitam merupakan titik pengamatan ( $S_{med}$ ), garis yang berwarna merah merupakan nilai *Upper Control Limit* (UCL) yaitu sebesar 147,82, nilai CL sebesar 115,57 yakni garis yang berwarna hijau dan garis yang berwarna biru adalah nilai *Lower Control Limit* (LCL) yaitu sebesar 83,318. Dari gambar 4.1 di atas juga dapat dilihat secara visual bahwa terlihat keadaan proses produksi botol RC Cola dalam keadaan tidak terkendali secara statistik karena terdapat 1 titik pengamatan *out-of-control* yang berada diatas *Upper Control Limit* (UCL).

Setelah mengetahui hasil dari diagram kontrol *fuzzy c* dengan *median transformation* yang masih terdapat titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali maka dicari data pada subgroup dan tanggal yang *out-of-control*. Untuk mengetahui tanggal dan keputusan berdasarkan subgroup akan dijelaskan pada Tabel 4.3 berikut.



**Tabel 4.3** Nilai  $S_{med}^{\alpha}$  dan Keputusan Pengontrolan Kualitas

Hari	Tanggal	$S_{med}$	Keputusan	Hari	Tanggal	$S_{med}$	Keputusan
1	18/08/11	113,5	<i>in-control</i>	19	05/09/11	101,125	<i>in-control</i>
2	19/08/11	111,75	<i>in-control</i>	20	06/09/11	105,25	<i>in-control</i>
3	20/08/11	121	<i>in-control</i>	21	07/09/11	122	<i>in-control</i>
4	21/08/11	123,75	<i>in-control</i>	22	08/09/11	116,25	<i>in-control</i>
5	22/08/11	123	<i>in-control</i>	23	09/09/11	116,25	<i>in-control</i>
6	23/08/11	132,25	<i>in-control</i>	24	10/09/11	141,75	<i>in-control</i>
7	24/08/11	126	<i>in-control</i>	25	11/09/11	141,75	<i>in-control</i>
8	25/08/11	115,375	<i>in-control</i>	26	12/09/11	109,125	<i>in-control</i>
9	26/08/11	98,25	<i>in-control</i>	27	13/09/11	112,25	<i>in-control</i>
10	27/08/11	101,25	<i>in-control</i>	28	14/09/11	155	<i>out-of-control</i>
11	28/08/11	103,125	<i>in-control</i>	29	15/09/11	124,5	<i>in-control</i>
12	29/08/11	96	<i>in-control</i>	30	16/09/11	111	<i>in-control</i>
13	30/08/11	111,75	<i>in-control</i>	31	17/09/11	114	<i>in-control</i>
14	31/08/11	123,75	<i>in-control</i>	32	18/09/11	112,5	<i>in-control</i>
15	01/09/11	105,375	<i>in-control</i>	33	19/09/11	113,25	<i>in-control</i>
16	02/09/11	105,5	<i>in-control</i>	34	20/09/11	117	<i>in-control</i>
17	03/09/11	110	<i>in-control</i>	35	21/09/11	120,375	<i>in-control</i>
18	04/09/11	118,5	<i>in-control</i>	36	22/09/11	87	<i>in-control</i>

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa pengontrolan kualitas produksi proses produksi botol RC Cola 200ml dengan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c median transformation* mendapatkan keputusan *out-of-control* sebanyak 1 data yaitu pada tanggal 14 September 2011.

#### 4.1.2 Diagram Kontrol Fuzzy c dengan Fuzzy Mode Transformation

Pengontrolan proses produksi dengan menggunakan Diagram Kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy mode transformation* ini juga diterapkan untuk melihat perbandingan analisis terhadap pendekatan metode *fuzzy median transformation* sehingga bisa diketahui kelebihan dan kekurangannya masing-masing metode.

Jika fungsi keanggotaan *fuzzy* unimodal maka fungsi tersebut hanya mempunyai satu nilai puncak, sedangkan untuk fungsi keanggotaan *trapezoidal* adalah multimodal, maka fungsi tersebut mempunyai lebih dari satu puncak sehingga nilai *fuzzy mode* adalah himpunan titik-titik antara nilai  $b$  dan  $c$ ,  $[b, c]$  yang mempunyai nilai derajat keanggotaan sama dengan



satu. Pada kasus penelitian ini data pengamatan ditransformasikan untuk mendapatkan nilai sampel *mode transformation ke-j* ( $S_{\text{mod},j} = [b_j ; c_j]$ ), dimana  $j$  adalah banyaknya subgrup/hari. Setelah itu melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Center Line* ( $CL_{\text{mode}}$ ), batas kontrol atas ( $UCL_{\text{mode}}$ ), dan batas kontrol bawah ( $LCL_{\text{mode}}$ ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$CL_{\text{mod}} = [CL_2 ; CL_3] = \left[ \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m} ; \frac{\sum_{j=1}^m c_j}{m} \right]$$

$$= \left[ \frac{971}{36} ; \frac{2039}{36} \right] = [26,97 ; 56,64]$$

$$LCL_{\text{mod}} = CL_{\text{mod}} - 3\sqrt{CL_{\text{mod}}}$$

$$= \left[ (CL_2 - 3\sqrt{CL_2}) ; (CL_3 - 3\sqrt{CL_3}) \right]$$

$$= \left[ (26,97 - 3\sqrt{26,97}) ; (56,64 - 3\sqrt{56,64}) \right]$$

$$= [11,39 ; 34,06]$$

$$= [LCL_2 ; LCL_3]$$

$$UCL_{\text{mod}} = CL_{\text{mod}} + 3\sqrt{CL_{\text{mod}}}$$

$$= \left[ (CL_2 + 3\sqrt{CL_2}) ; (CL_3 + 3\sqrt{CL_3}) \right]$$

$$= \left[ (26,97 + 3\sqrt{26,97}) ; (56,64 + 3\sqrt{56,64}) \right]$$

$$= [42,55 ; 79,21]$$

$$= [UCL_2 ; UCL_3]$$

Setelah menghitung batas kontrol *fuzzy mode transformation* dari setiap sampel akan dibandingkan dengan interval ini untuk menentukan apakah sampel menunjukkan dalam keadaan *in-control* atau *out-of-control*.



$$\beta_j = \begin{cases} 0 & , \text{ untuk } b_j \geq 79,21 \\ \frac{79,21-b_j}{c_j-b_j} & , \text{ untuk } (11,39 \leq b_j \leq 79,21) \wedge (c_j \geq 79,21), \\ 1 & , \text{ untuk } (b_j \geq 11,39) \wedge (c_j \leq 79,21), \\ \frac{11,39-b_j}{c_j-b_j} & , \text{ untuk } (b_j \leq 11,39) \wedge (11,39 \leq c_j \leq 79,21), \\ 0 & , \text{ untuk } c_j \leq 11,39. \end{cases}$$

Kemudian dilakukan pengambilan keputusan pada kondisi pengendalian proses pada *fuzzy mode transformation* dengan kriteria sebagai berikut:

$$\text{Keputusan} = \begin{cases} \text{in-control} & , \text{ untuk } \beta_j = 1 \quad (b_j \geq 11,39 \wedge c_j \leq 79,216) \\ \text{out-of-control} & , \text{ untuk } \beta_j = 0 \quad (b_j \geq 79,216 \vee c_j \leq 11,39) \\ \text{rather in-control} & , \text{ untuk } \beta_j \geq \beta \\ \text{rather out-control} & , \text{ untuk } \beta_j < \beta \end{cases} \quad \text{untuk lainnya}$$

Setelah mengetahui hasil dari kriteria pengambilan keputusan maka dicari titik pengamatan *fuzzy c mode transformation* ( $S_{\text{mod}}^\alpha$ ) dan hasil perhitungan nilai  $\beta_j$  dapat dilihat pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Keputusan pengontrolan *fuzzy c mode transformation*

Hari	Tanggal	$S_{\text{mode}}$		$\beta_j$	Keputusan
		b	c		
1	18/08/2011	24	50	1	<i>in-control</i>
2	19/08/2011	6	68	0,087	<i>rather-out-control</i>
3	20/08/2011	26	68	1	<i>in-control</i>
4	21/08/2011	15	91	0,845	<i>rather-in-control</i>
5	22/08/2011	34	70	1	<i>in-control</i>
6	23/08/2011	64	64	1	<i>in-control</i>
7	24/08/2011	35	77	1	<i>in-control</i>
8	25/08/2011	37	46	1	<i>in-control</i>
9	26/08/2011	19	19	1	<i>in-control</i>
10	27/08/2011	10	36	0,053	<i>rather-out-control</i>
11	28/08/2011	17	34	1	<i>in-control</i>
12	29/08/2011	14	18	1	<i>in-control</i>
13	30/08/2011	23	51	1	<i>in-control</i>

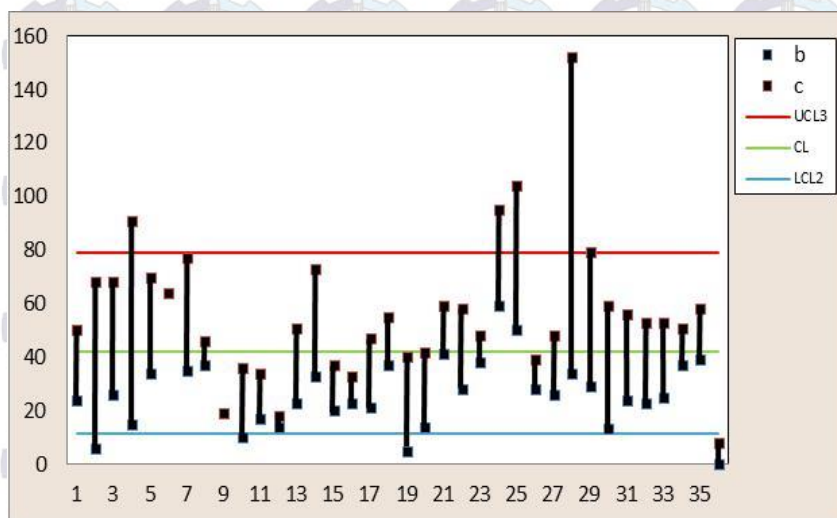


**Lanjutan Tabel 4.4** Keputusan pengontrolan fuzzy *c mode transformation*

Hari	Tanggal	S <sub>mode</sub>		$\beta_j$	Keputusan
		b	c		
14	31/08/2011	33	73	1	<i>in-control</i>
15	01/09/2011	20	37	1	<i>in-control</i>
16	02/09/2011	23	33	1	<i>in-control</i>
17	03/09/2011	21	47	1	<i>in-control</i>
18	04/09/2011	37	55	1	<i>in-control</i>
19	05/09/2011	5	40	0,183	<i>rather-out-control</i>
20	06/09/2011	14	42	1	<i>in-control</i>
21	07/09/2011	41	59	1	<i>in-control</i>
22	08/09/2011	28	58	1	<i>in-control</i>
23	09/09/2011	38	48	1	<i>in-control</i>
24	10/09/2011	59	95	0,562	<i>rather-out-control</i>
25	11/09/2011	50	104	0,541	<i>rather-out-control</i>
26	12/09/2011	28	39	1	<i>in-control</i>
27	13/09/2011	26	48	1	<i>in-control</i>
28	14/09/2011	34	152	0,383	<i>rather-out-control</i>
29	15/09/2011	29	79	1	<i>in-control</i>
30	16/09/2011	13	59	1	<i>in-control</i>
31	17/09/2011	24	56	1	<i>in-control</i>
32	18/09/2011	23	53	1	<i>in-control</i>
33	19/09/2011	25	53	1	<i>in-control</i>
34	20/09/2011	37	51	1	<i>in-control</i>
35	21/09/2011	39	58	1	<i>in-control</i>
36	22/09/2011	0	8	0	<i>out-of-control</i>

Dari Tabel 4.4 di atas dapat diketahui bahwa keadaan proses produksi botol RC Cola 200ml dalam keadaan tidak terkendali secara statistik karena terdapat 3 titik pengamatan *out-of-control* yaitu pada subgrup ke-36. Selain itu juga didapatkan hasil keputusan yang ketat yaitu keputusan *rather-in-control* dan *rather-out-control* yang berada diantara keputusan *out-of-control* dan *in-control*. Keputusan yang ketat tersebut berada pada subgrup ke-4 yaitu dengan keputusan *rather-in-control* dan pada subgrup ke-2, 10, 19, 24, 25 dan 28 yaitu dengan keputusan *rather-out-control*.





**Gambar 4.2** Diagram kontrol *fuzzy c mode transformation*

Berdasarkan Gambar 4.2 merupakan pengendalian kualitas proses produksi botol RC Cola 200ml menggunakan diagram kontrol *fuzzy c mode transformation*. Garis yang berwarna hitam merupakan garis pengamatan ( $S_{med}$ ), garis yang berwarna merah merupakan nilai *Upper Control Limit* diagram kontrol *fuzzy mode transformation* ( $UCL_3$ ) yaitu sebesar 79,216, nilai  $CL$  sebesar 41,81 yakni garis yang berwarna hijau dan garis yang berwarna biru adalah nilai *Lower Control Limit* diagram kontrol *fuzzy mode transformation* ( $LCL_2$ ) yaitu sebesar 11,39. Secara visual Gambar 4.2 terlihat bahwa keadaan proses produksi botol RC Cola dalam keadaan tidak terkendali secara statistik karena terdapat satu pengamatan yang berada diluar batas kontrol yaitu pada subgrup ke-6.

#### **4.2 Perbandingan Hasil Penerapan Diagram Kontrol *Fuzzy c* dengan Transformasi dan Diagram kontrol *c* klasik**

Langkah analisis selanjutnya adalah mendapat kinerja diagram kontrol *fuzzy c* dengan cara membandingkan kinerja diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy mode transformation*, *fuzzy median transformation* dan diagram kontrol *c* yang ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut ini



**Tabel 4.5** Perbandingan Hasil Metode Tahap Pertama

Hari	Mode	Median	c klasik
1	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
2	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
3	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
4	<i>rather-in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
5	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
6	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
7	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
8	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
9	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
10	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
11	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
12	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
13	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
14	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
15	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
16	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
17	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
18	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
19	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
20	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
21	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
22	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
23	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
24	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
25	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>
26	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
27	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
28	<i>rather-out-control</i>	<i>out-of-control</i>	<i>out control</i>
29	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
30	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
31	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
32	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
33	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
34	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
35	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in control</i>
36	<i>out-of-control</i>	<i>in-control</i>	<i>out control</i>



Dari Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa hasil pengontrolan kualitas pada penelitian ini diagram kontrol *c* klasik mampu mendeteksi lebih banyak titik pengamatan yang keluar dari batas kendali daripada diagram kontrol *fuzzy c median transformation* dan diagram kontrol *fuzzy c mode transformation* yaitu 9 titik pengamatan. Namun hasil penerapan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *mode transformation* mampu menghasilkan keputusan yang lebih ketat, yaitu keputusan *rather-in-control* pada subgrup ke-4, *rather-out-control* pada subgrup ke-2, 10, 19, 24, 25, 28 dan menghasilkan keputusan *out-of-control* pada subgrup ke- 36.

Diagram kontrol *c* pada tahap kedua ini perlu dilakukan guna untuk melihat kesensitifan penerapan diagram kontrol *Fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy mode transformation*, *fuzzy median transformation* dan diagram kontrol *c* klasik. Langkah pada tahap kedua ini dilakukan dengan membuang 9 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali seperti pada hari ke-4, 7, 9, 12, 16, 24, 25, 28, 29 dan ke-36, sehingga titik pengamatan yang tersisa sebanyak 27. Kemudian kedua puluh tujuh titik pengamatan yang tersisa tersebut digunakan untuk membuat diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *transformation* dan diagram kontrol *c* klasik pada tahap kedua. Berikut data yang akan digunakan untuk membuat diagram kontrol *fuzzy c* pada tahap kedua yang tertera pada tabel 4.6

**Tabel 4.6** Data *Trapezoid Fuzzy Number* Tahap Kedua

Hari	a	b	c	d	Hari	a	b	c	d
1	14	24	50	672	15	2	5	40	672
2	0	6	68	672	16	2	14	42	672
3	14	26	68	672	17	4	41	59	672
4	0	34	70	672	18	0	28	58	672
5	2	64	64	672	19	0	38	48	672
6	2	37	46	672	20	0	28	39	672
7	0	10	36	672	21	4	26	48	672
8	0	17	34	672	22	0	13	59	672
9	0	23	51	672	23	0	24	56	672
10	0	33	73	672	24	0	23	53	672
11	0	20	37	672	25	0	25	53	672
12	4	23	33	672	26	0	37	51	672
13	4	21	47	672	27	0	39	58	672
14	0	37	55	672	Jumlah	52	716	1396	18144



Kemudian sama seperti pada langkah sebelumnya di dapat hasil dari perhitungan nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini :

**Tabel 4.7** Fuzzy Number  $\alpha$ -cut tahap kedua

Hari	$a^\alpha$	b	c	$d^\alpha$	Hari	$a^\alpha$	b	c	$d^\alpha$
1	19	24	50	361	15	3,5	5	40	356
2	3	6	68	370	16	8	14	42	357
3	20	26	68	370	17	22,5	41	59	365,5
4	17	34	70	371	18	14	28	58	365
5	33	64	64	368	19	19	38	48	360
6	19,5	37	46	359	20	14	28	39	355,5
7	5	10	36	354	21	15	26	48	360
8	8,5	17	34	353	22	6,5	13	59	365,5
9	11,5	23	51	361,5	23	12	24	56	364
10	16,5	33	73	372,5	24	11,5	23	53	362,5
11	10	20	37	354,5	25	12,5	25	53	362,5
12	13,5	23	33	352,5	26	18,5	37	51	361,5
13	12,5	21	47	359,5	27	19,5	39	58	365
14	18,5	37	55	363,5					

Selanjutnya mendapatkan hasil perhitungan nilai  $S_{med}^\alpha$  tahap kedua tahap kedua disajikan pada tabel 4.8 sebagai berikut ini

**Tabel 4.8** nilai  $S_{med}^\alpha$  dan keputusan pengontrolan kualitas Tahap kedua

Hari	Tanggal	$S_{med}$	Keputusan	Hari	Tanggal	$S_{med}$	Keputusan
1	18/08/11	113,5	<i>in-control</i>	15	05/09/11	101,12	<i>in-control</i>
2	19/08/11	111,75	<i>in-control</i>	16	06/09/11	105,25	<i>in-control</i>
3	20/08/11	121	<i>in-control</i>	17	07/09/11	122	<i>in-control</i>
4	22/08/11	123	<i>in-control</i>	18	08/09/11	116,25	<i>in-control</i>
5	23/08/11	132,25	<i>in-control</i>	19	09/09/11	116,25	<i>in-control</i>
6	25/08/11	115,37	<i>in-control</i>	20	12/09/11	109,12	<i>in-control</i>
7	27/08/11	101,25	<i>in-control</i>	21	13/09/11	112,25	<i>in-control</i>
8	28/08/11	103,12	<i>in-control</i>	22	16/09/11	111	<i>in-control</i>
9	30/08/11	111,75	<i>in-control</i>	23	17/09/11	114	<i>in-control</i>
10	31/08/11	123,75	<i>in-control</i>	24	18/09/11	112,5	<i>in-control</i>
11	01/09/11	105,37	<i>in-control</i>	25	19/09/11	113,25	<i>in-control</i>
12	02/09/11	105,5	<i>in-control</i>	26	20/09/11	117	<i>in-control</i>
13	03/09/11	110	<i>in-control</i>	27	21/09/11	120,37	<i>in-control</i>
14	04/09/11	118,5	<i>in-control</i>				



Dengan nilai *Center Line* ( $CL_{med}$ ) tahap kedua sebesar 113,57, batas kontrol atas ( $UCL_{med}$ ) sebesar 145,54 dan batas kontrol bawah ( $LCL_{med}$ ) tahap kedua sebesar 81,6.

Selanjutnya adalah mendapatkan nilai sampel *mode transformation* ke- $j$  ( $S_{mod,j}$ ) =  $[b_j ; c_j]$  dengan nilai *Center Line* ( $CL_{mode}$ ) sebesar  $[26,52 ; 51,7]$ , batas kontrol atas ( $UCL_{mode}$ ) sebesar  $[41,97 ; 73,27]$ , dan batas kontrol bawah ( $LCL_{mode}$ )  $[11,07 ; 30,13]$ . Setiap sampel akan dibandingkan dengan interval ini untuk menentukan apakah sampel menunjukkan dalam keadaan *in-control* atau *out-of-control*.

$$\beta_j = \begin{cases} 0 & , \text{ untuk } b_j \geq 73,27, \\ \frac{73,27 - b_j}{c_j - b_j} & , \text{ untuk } (11,07 \leq b_j \leq 73,27) \wedge (c_j \geq 73,27), \\ 1 & , \text{ untuk } (b_j \geq 11,07) \wedge (c_j \leq 73,27), \\ \frac{11,07 - b_j}{c_j - b_j} & , \text{ untuk } (b_j \leq 11,07) \wedge (11,07 \leq c_j \leq 73,27), \\ 0 & , \text{ untuk } c_j \leq 11,07. \end{cases}$$

$$\text{Keputusan} = \begin{cases} \text{in-control} & , \text{ untuk } \beta_j = 1 \quad (b_j \geq 11,07 \wedge c_j \leq 73,27), \\ \text{out-of-control} & , \text{ untuk } \beta_j = 0 \quad (b_j \geq 73,27 \vee c_j \leq 11,07) \\ \text{rather in-control} & , \text{ untuk } \beta_j \geq \beta \\ \text{rather out-control} & , \text{ untuk } \beta_j < \beta \end{cases} \quad \text{untuk lainnya}$$

Hasil keputusan pengontrolan diagram kontrol *fuzzy c mode transformation* tahap kedua disajikan pada Tabel 4.9 berikut ini

**Tabel 4.9** Keputusan Pengontrolan *fuzzy c mode transformation* Tahap Kedua

Hari	Tgl	$S_{mode}$		$\beta_j$	Keputusan	Hari	Tgl	$S_{mode}$		$\beta_j$	Keputusan
1	18/08/2011	10	26	1	<i>in-control</i>	4	22/08/2011	34	36	1	<i>in-control</i>
2	19/08/2011	6	62	1	<i>in-control</i>	5	23/08/2011	62	0	1	<i>in-control</i>
3	20/08/2011	12	42	0,94	<i>rather-in-control</i>	6	25/08/2011	35	9	1	<i>in-control</i>



Lanjutan Tabel 4.9 Keputusan Pengontrolan *fuzzy c mode transformation* Tahap Kedua

Hari	Tgl	$S_{mode}$		$\beta_j$	Keputusan	Hari	Tgl	$S_{mode}$		$\beta_j$	Keputusan
7	27/08/2011	10	26	1	<i>in-control</i>	18	08/09/2011	28	30	1	<i>in-control</i>
8	28/08/2011	17	17	1	<i>in-control</i>	19	09/09/2011	38	10	1	<i>in-control</i>
9	30/08/2011	23	28	1	<i>in-control</i>	20	12/09/2011	28	11	1	<i>in-control</i>
10	31/08/2011	33	40	1	<i>in-control</i>	21	13/09/2011	22	22	1	<i>in-control</i>
11	01/09/2011	20	17	1	<i>in-control</i>	22	16/09/2011	13	46	0,825	<i>rather-in-control</i>
12	02/09/2011	19	10	1	<i>in-control</i>	23	17/09/2011	24	32	1	<i>in-control</i>
13	03/09/2011	17	26	1	<i>in-control</i>	24	18/09/2011	23	30	1	<i>in-control</i>
14	04/09/2011	37	18	1	<i>in-control</i>	25	19/09/2011	25	28	1	<i>in-control</i>
15	05/09/2011	3	35	0,204	<i>rather-out-control</i>	26	20/09/2011	37	14	1	<i>in-control</i>
16	06/09/2011	12	28	1	<i>in-control</i>	27	21/09/2011	39	19	1	<i>in-control</i>
17	07/09/2011	37	18	1	<i>in-control</i>						

Dari Tabel 4.9 diatas dapat diketahui bahwa keadaan proses produksi botol RC Cola 200ml sudah dalam keadaan terkendali secara statistik karena tidak terdapat satupun titik pengamatan *out-of-control*. Namun terdapat hasil keputusan yang ketat yaitu keputusan *rather-out-control* pada subgrup ke-2, 15 dan 17. Langkah selanjutnya adalah mendapatkan kinerja diagram kontrol *fuzzy c* dengan cara membandingkan kinerja diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *fuzzy mode transformation*, *fuzzy median transformation* dan diagram kontrol *c* pada tahap kedua yang ditampilkan pada Tabel 4.10



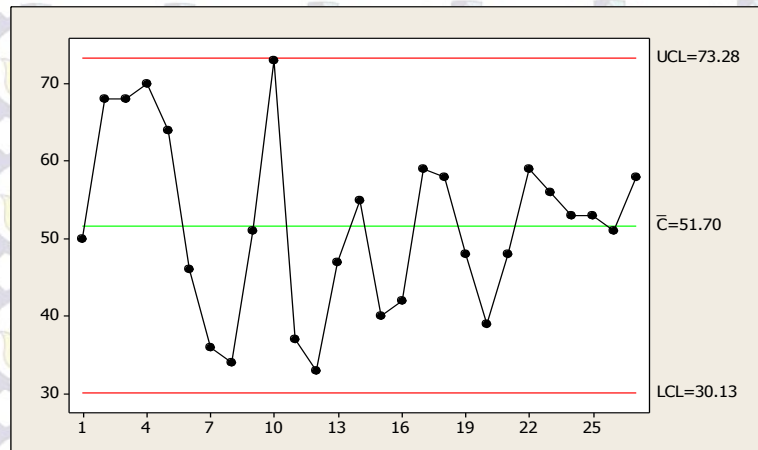
**Tabel 4.10** Perbandingan Hasil Metode Tahap Kedua

Hari	<i>Fuzzy Mode</i>	<i>Fuzzy Median</i>	<i>c klasik</i>
1	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
2	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
3	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
4	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
5	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
6	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
7	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
8	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
9	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
10	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
11	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
12	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
13	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
14	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
15	<i>rather-out-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
16	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
17	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
18	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
19	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
20	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
21	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
22	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
23	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
24	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
25	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
26	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>
27	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>	<i>in-control</i>

Berdasarkan Tabel 4.10 diatas dapat diketahui bahwa hasil pengontrolan kualitas pada penelitian ini adalah diagram kontrol *c* klasik dan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *median transformation* tahap kedua tidak menghasilkan satupun titik pengamatan *out-of-control*, maka diagram kontrol *c* klasik sudah berada dalam keadaan terkendali secara statistik. Kemudian hasil penerapan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *mode transformation* tahap kedua masih mampu menghasilkan keputusan yang ketat, yaitu keputusan *rather-out-control* pada subgrup ke-2, 7 dan 15. Hal ini dapat diartikan bahwa diagram kontrol

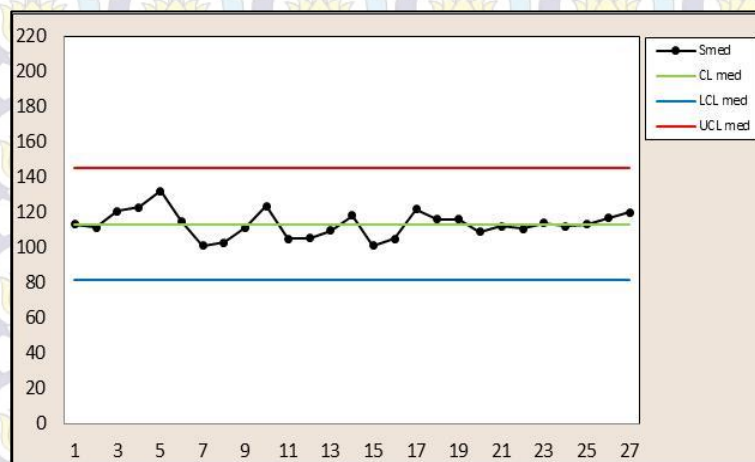


*fuzzy c mode transformation* cenderung lebih sensitif daripada diagram kontrol *c* klasik dan *fuzzy c median transformation*.



**Gambar 4.3** Diagram kontrol *c* Klasik Tahap 2

Diagram kontrol *c* klasik tahap kedua dari Gambar 4.3 menjelaskan bahwa diagram kontrol *c* dalam keadaan terkendali karena tidak terdapat titik pengamatan yang berada diluar batas kontrol, dimana Diagram kontrol *c* klasik tahap kedua yang terkendali sebanyak 27 pengamatan.

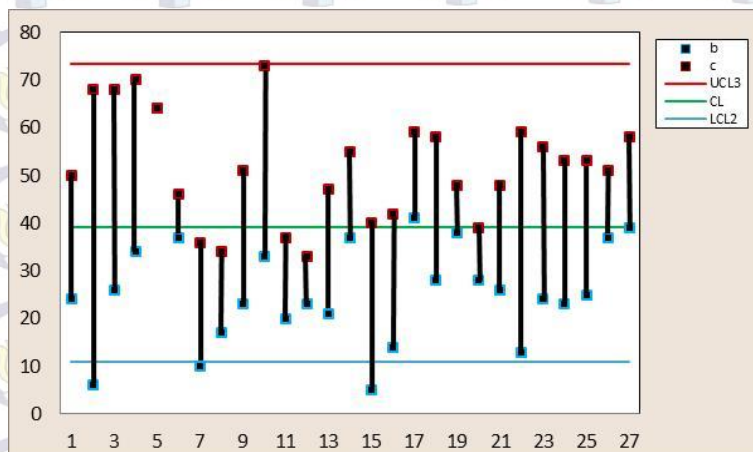


**Gambar 4.4** Diagram kontrol *fuzzy c median transformation* Tahap 2

Gambar 4.4 merupakan pengendalian kualitas proses produksi botol RC Cola 200ml menggunakan diagram kontrol *fuzzy c median transformation*. Garis yang berwarna merah merupakan nilai *Upper Control Limit* diagram kontrol *fuzzy median transformation* pada tahap kedua yaitu sebesar 145,54, nilai CL sebesar 113,57 yakni garis yang berwarna hijau dan garis yang berwarna biru adalah nilai *Lower Control Limit* diagram kontrol *fuzzy median transformation* yaitu sebesar 81,6, garis yang berwarna



hitam merupakan garis pengamatan ( $S_{med}$ ). Secara visual Gambar 4.4 terlihat bahwa keadaan proses produksi botol RC Cola sudah dalam keadaan terkendali secara statistik karena tidak terdapat satupun titik pengamatan yang berada diluar batas kontrol.



**Gambar 4.5** Diagram kontrol *fuzzy c mode transformation* Tahap 2

Berdasarkan Gambar 4.5 merupakan pengendalian kualitas proses produksi botol RC Cola 200ml menggunakan diagram kontrol *fuzzy c mode transformation*. Garis yang berwarna hitam merupakan garis pengamatan ( $S_{mode}$ ), garis yang berwarna merah merupakan nilai *Upper Control Limit* diagram kontrol *fuzzy mode transformation* pada tahap kedua yaitu sebesar 73,27, nilai CL sebesar 39,11 yakni garis yang berwarna hijau dan garis yang berwarna biru adalah nilai *Lower Control Limit* yaitu sebesar 11,07. Dari Gambar 4.5 didapatkan kesimpulan bahwa hasil penerapan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *mode transformation* mampu menghasilkan keputusan yang lebih ketat ( *rather-out-control*) yaitu pada subgrup ke-2, 7 dan 15.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

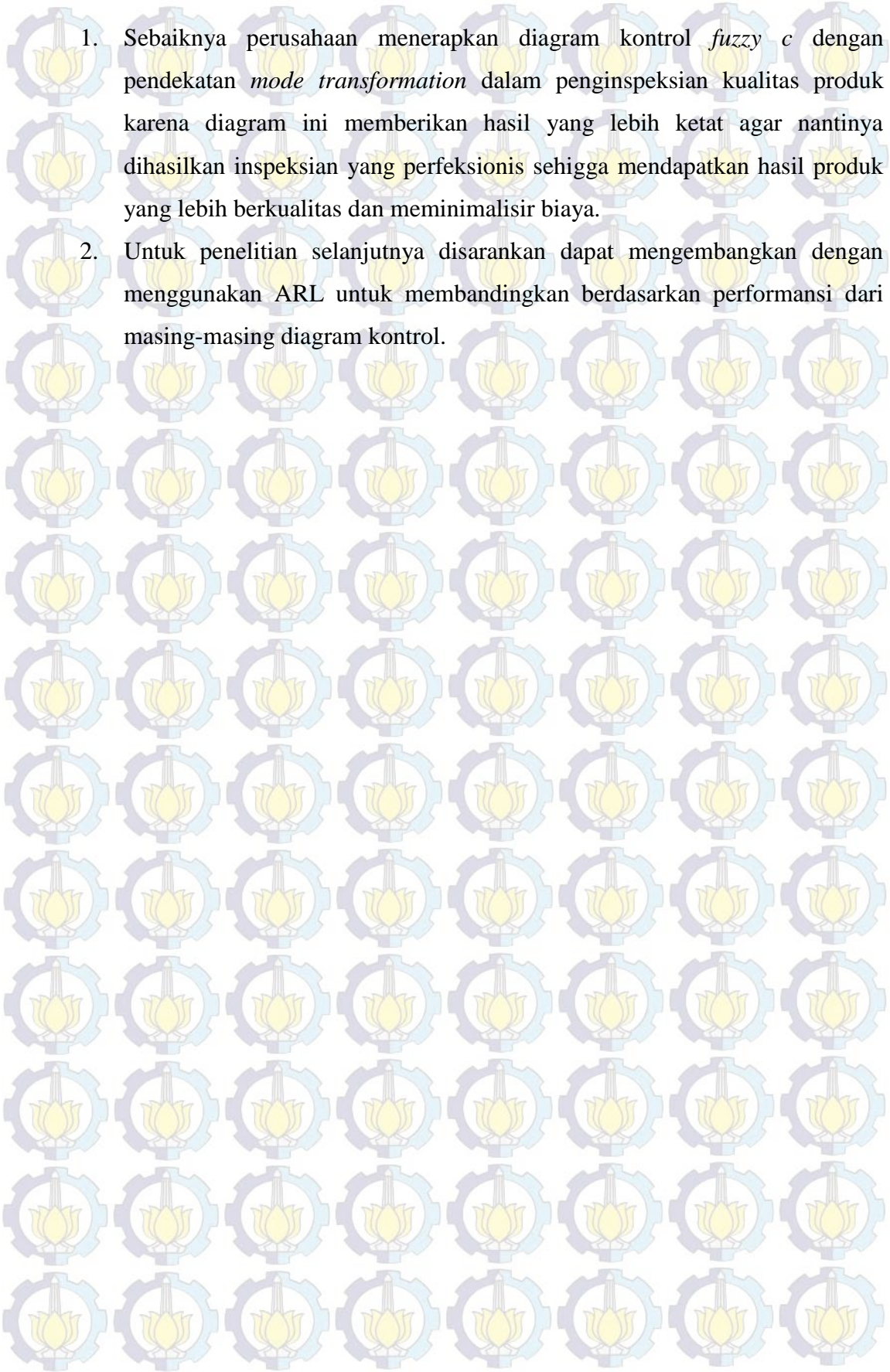
Berdasarkan analisis dan pembahasan, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penerapan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan transformasi, baik *median transformation* maupun *mode transformation* pada pengontrolan kualitas proses produksi botol RC Cola 200ml PT. IGLAS (Persero) Gresik menunjukkan bahwa proses produksi belum berada di kondisi terkendali secara statistik. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan adanya titik-titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol.
2. Perbandingan hasil penerapan metode pengontrolan kualitas pada penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama menunjukkan bahwa diagram kontrol *c* klasik mampu mendapatkan titik pengamatan yang berada diluar batas kontrol lebih banyak dari diagram kontrol *fuzzy c median transformation* dan *fuzzy c mode transformation*. Pada tahap kedua menunjukkan bahwa diagram kontrol *c* klasik dan diagram kontrol *fuzzy c median transformation* sudah dalam keadaan terkendali secara statistik sedangkan hasil penerapan menggunakan diagram kontrol *fuzzy c mode transformation* menghasilkan keputusan yang lebih ketat, yaitu keputusan *rather-out-control*. Jadi hal ini dapat diartikan bahwa diagram kontrol *fuzzy c mode transformation* cenderung lebih sensitif daripada diagram kontrol *c* klasik dan *fuzzy c median transformation*. Keputusan ini akan sangat bermanfaat untuk menentukan keketatan kriteria produk yang akan di *reject* karena berada diantara keputusan *in-control* dan *out-of-control*.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan analisis, pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan maka saran pada penelitian ini adalah



- 
1. Sebaiknya perusahaan menerapkan diagram kontrol *fuzzy c* dengan pendekatan *mode transformation* dalam penginspeksian kualitas produk karena diagram ini memberikan hasil yang lebih ketat agar nantinya dihasilkan inspeksian yang perfeksionis sehingga mendapatkan hasil produk yang lebih berkualitas dan meminimalisir biaya.
  2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan dapat mengembangkan dengan menggunakan ARL untuk membandingkan berdasarkan performansi dari masing-masing diagram kontrol.



**LAMPIRAN 1.** Data Hasil Produksi Tahap 1

<b>Hari</b>	<b>Cacat</b>	<b>Agak Cacat</b>	<b>Kurang Baik</b>	<b>Baik</b>
1	14	10	26	622
2	0	6	62	604
3	14	12	42	604
4	0	15	76	581
5	0	34	36	602
6	2	62	0	608
7	0	35	42	595
8	2	35	9	626
9	0	19	0	653
10	0	10	26	636
11	0	17	17	638
12	0	14	4	654
13	0	23	28	621
14	0	33	40	599
15	0	20	17	635
16	4	19	10	639
17	4	17	26	625
18	0	37	18	617
19	2	3	35	632
20	2	12	28	630
21	4	37	18	613
22	0	28	30	614
23	0	38	10	624
24	0	59	36	577
25	0	50	54	568
26	0	28	11	633
27	4	22	22	624
28	10	24	118	520
29	0	29	50	593
30	0	13	46	613
31	0	24	32	616
32	0	23	30	619
33	0	25	28	619
34	0	37	14	621
35	0	39	19	614
36	0	0	8	664



**LAMPIRAN 2. Data Hasil Produksi Tahap 2**

<b>Hari</b>	<b>Cacat</b>	<b>Agak Cacat</b>	<b>Kurang Baik</b>	<b>Baik</b>
1	14	10	26	622
2	0	6	62	604
3	14	12	42	604
4	0	34	36	602
5	2	62	0	608
6	2	35	9	626
7	0	10	26	636
8	0	17	17	638
9	0	23	28	621
10	0	33	40	599
11	0	20	17	635
12	4	19	10	639
13	4	17	26	625
14	0	37	18	617
15	2	3	35	632
16	2	12	28	630
17	4	37	18	613
18	0	28	30	614
19	0	38	10	624
20	0	28	11	633
21	4	22	22	624
22	0	13	46	613
23	0	24	32	616
24	0	23	30	619
25	0	25	28	619
26	0	37	14	621
27	0	39	19	614



**LAMPIRAN 3.** Nilai *Trapezoidal Fuzzy Number* Tahap 1

<b>Hari</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
1	14	24	50	672
2	0	6	68	672
3	14	26	68	672
4	0	15	91	672
5	0	34	70	672
6	2	64	64	672
7	0	35	77	672
8	2	37	46	672
9	0	19	19	672
10	0	10	36	672
11	0	17	34	672
12	0	14	18	672
13	0	23	51	672
14	0	33	73	672
15	0	20	37	672
16	4	23	33	672
17	4	21	47	672
18	0	37	55	672
19	2	5	40	672
20	2	14	42	672
21	4	41	59	672
22	0	28	58	672
23	0	38	48	672
24	0	59	95	672
25	0	50	104	672
26	0	28	39	672
27	4	26	48	672
28	10	34	152	672
29	0	29	79	672
30	0	13	59	672
31	0	24	56	672
32	0	23	53	672
33	0	25	53	672
34	0	37	51	672
35	0	39	58	672
36	0	0	8	672



**LAMPIRAN 4.** Nilai *Trapezoidal Fuzzy Number* Tahap 2

<b>Hari</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
1	14	24	50	672
2	0	6	68	672
3	14	26	68	672
4	0	34	70	672
5	2	64	64	672
6	2	37	46	672
7	0	10	36	672
8	0	17	34	672
9	0	23	51	672
10	0	33	73	672
11	0	20	37	672
12	4	23	33	672
13	4	21	47	672
14	0	37	55	672
15	2	5	40	672
16	2	14	42	672
17	4	41	59	672
18	0	28	58	672
19	0	38	48	672
20	0	28	39	672
21	4	26	48	672
22	0	13	59	672
23	0	24	56	672
24	0	23	53	672
25	0	25	53	672
26	0	37	51	672
27	0	39	58	672



### LAMPIRAN 5. Jenis-jenis Kecacatan

No	Jenis Cacat	Keterangan	Gambar
1	<i>Over Press</i>	Kelebihan gelas tajam yang menonjol ke atas pada lubang <i>finish</i>	
2	<i>Cr On Ring</i>	Retak-retak pada <i>ring</i> / kepala botol	
3	<i>Choked Neck</i>	Lubang <i>bore</i> yang menyempit bagian dalam	
4	<i>Blow Pipe Mark</i>	Sebagian gelas yang kadang kala tajam pada dinding <i>neck</i> / leher botol	
5	<i>Offsed Body</i>	Sambungan <i>body</i> botol tidak rata	
6	<i>Crizzle</i>	Lipatan gelas tidak teratur pada permukaan gelas	
7	<i>Cold Mould</i>	Botol tampak bergelombang karena cetakan dingin	



**LAMPIRAN 6.** Nilai  $S_{med}$  dan  $S_{mode}$  Tahap 1

Hari	$S_{med}$	$S_{mode}$		$\beta_j$
		<b>b</b>	<b>c</b>	
1	37	24	50	1
2	37	6	68	0,087
3	47	26	68	1
4	53	15	91	0,845
5	52	34	70	1
6	64	64	64	1
7	56	35	77	1
8	41,5	37	46	1
9	19	19	19	1
10	23	10	36	0,053
11	25,5	17	34	1
12	16	14	18	1
13	37	23	51	1
14	53	33	73	1
15	28,5	20	37	1
16	28	23	33	1
17	34	21	47	1
18	46	37	55	1
19	22,5	5	40	0,183
20	28	14	42	1
21	50	41	59	1
22	43	28	58	1
23	43	38	48	1
24	77	59	95	0,562
25	77	50	104	0,541
26	33,5	28	39	1
27	37	26	48	1
28	93	34	152	0,383
29	54	29	79	1
30	36	13	59	1
31	40	24	56	1
32	38	23	53	1
33	39	25	53	1
34	44	37	51	1
35	48,5	39	58	1
36	4	0	8	0

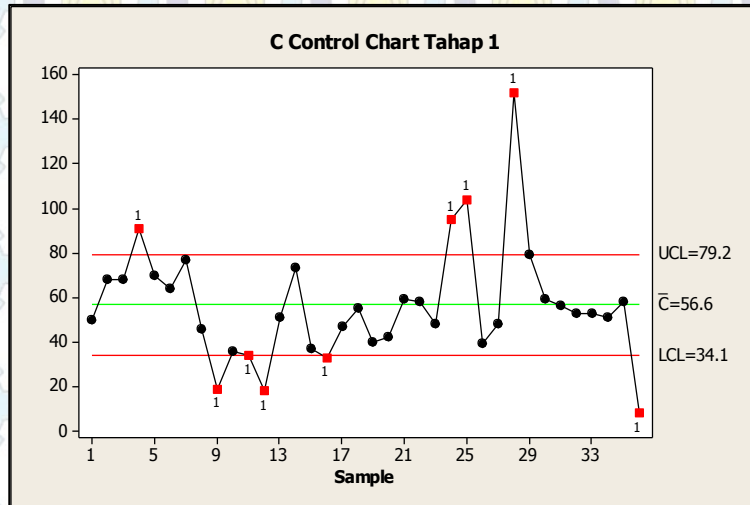


**LAMPIRAN 7.** Nilai  $S_{med}$  dan  $S_{mode}$  Tahap 2

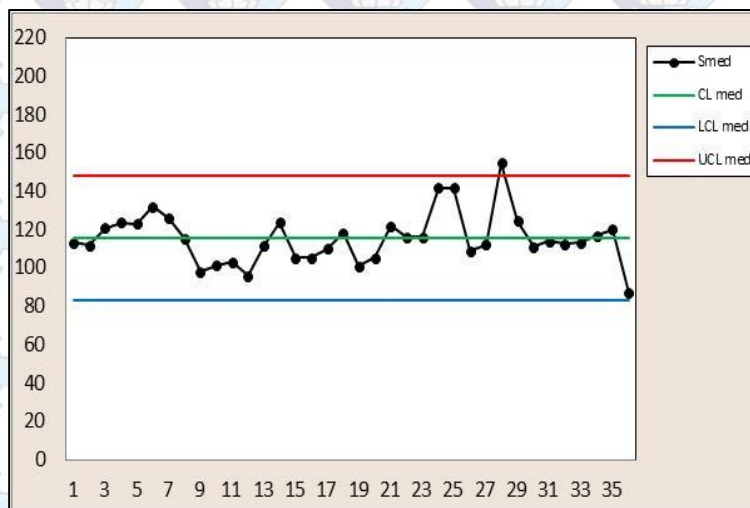
Hari	$S_{med}$	$S_{mode}$		$\beta_j$
		<b>b</b>	<b>c</b>	
1	113,5	24	50	1
2	111,75	6	68	0,082
3	121	26	68	1
4	123	34	70	1
5	132,25	64	64	1
6	115,375	37	46	1
7	101,25	10	36	0,041
8	103,125	17	34	1
9	111,75	23	51	1
10	123,75	33	73	1
11	105,375	20	37	1
12	105,5	23	33	1
13	110	21	47	1
14	118,5	37	55	1
15	101,125	5	40	0,173
16	105,25	14	42	1
17	122	41	59	1
18	116,25	28	58	1
19	116,25	38	48	1
20	109,125	28	39	1
21	112,25	26	48	1
22	111	13	59	1
23	114	24	56	1
24	112,5	23	53	1
25	113,25	25	53	1
26	117	37	51	1
27	120,375	39	58	1



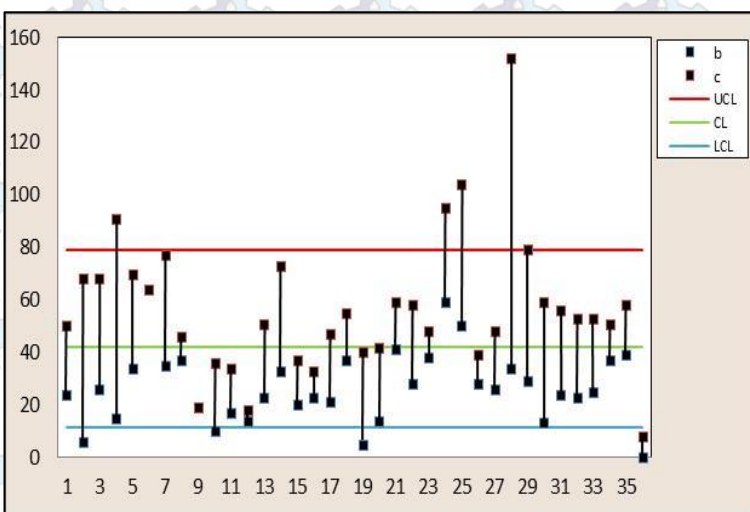
**LAMPIRAN 8.** Diagram Kontrol *c* klasik Tahap 1



**LAMPIRAN 9.** Diagram Kontrol *fuzzy c Median* Tahap 1

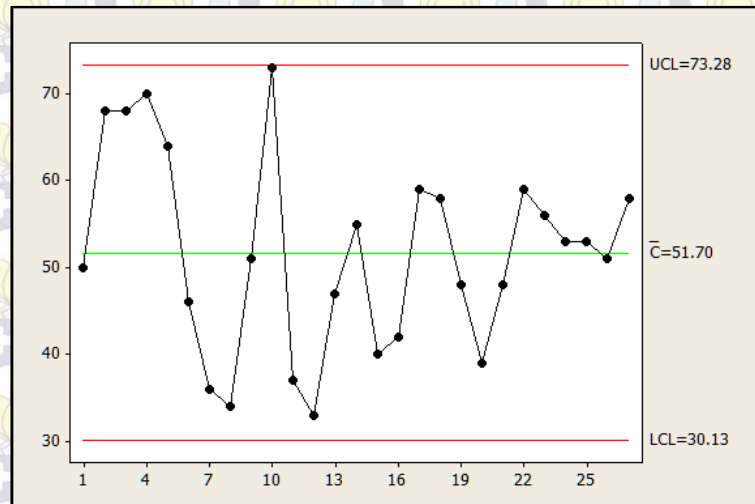


**LAMPIRAN 10.** Diagram Kontrol *fuzzy c Mode* Tahap 1

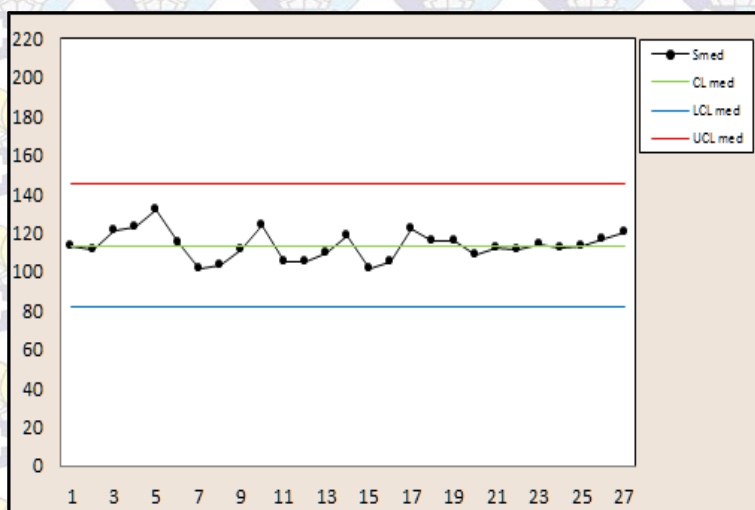




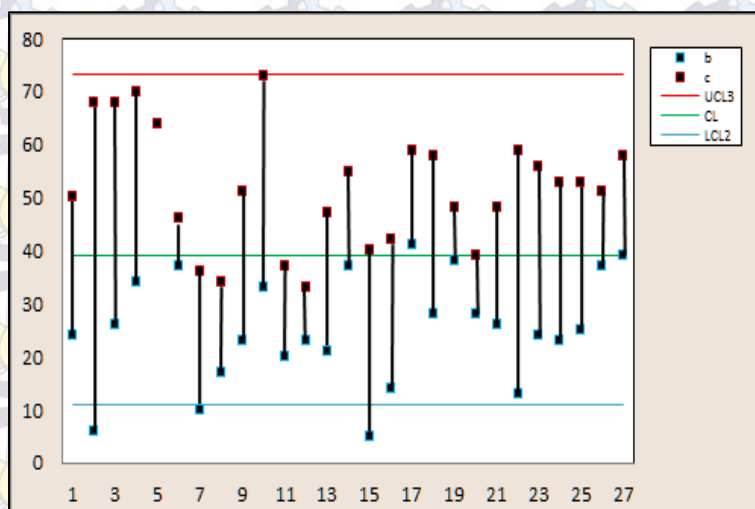
**LAMPIRAN 11.** Diagram Kontrol *c* klasik Tahap 2



**LAMPIRAN 12.** Diagram Kontrol fuzzy *c* Median Tahap 2



**LAMPIRAN 13.** Diagram Kontrol fuzzy *c* Mode Tahap 2





## DAFTAR PUSTAKA

Ariani, D. W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta.

Bothe, D. R. 1997. *Measuring Process Capability (Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers)*. New York: McGraw-Hill.

Cheng.C.B. (2005). Fuzzy process control: construction of control charts with fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 154, pp. 287–303.

Faisol, Y. 2012. *Penerapan Diagram Bivariat Poisson pada pengendalian Kualitas Ring Botol di PT. IGLAS, Gresik*. Tugas Akhir. Surabaya: ITS

Fallah Nezhad MS, Niaki STA, (2010). A new monitoring design for uni-variate statistical quality control charts. *Information Sciences* 180:1051-1059.

Faraz, A. & Shapiro, A.F., 2010. “An Application of Fuzzy Random Variables to Control Charts”. *Fuzzy Sets and Systems* 161 (2010) : 2684 – 2694.

Fazel Zarandi M.H., Turksen I.B. and. Kashan H. (2006). Fuzzy Control Charts for Variable and Attribute Quality Characteristic. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, Vol. 3, No. 1, pp. 31-44.

Fuady Z.A. 2014. “Pengendalian Kualitas Produksi Botol RC Cola 200 ML di PT. IGLAS” *Jurnal Sains dan seni pomits* Vol. 3, No. 2, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271)

Gulbay M., Kahraman C. (2006). Development of fuzzy process control charts and fuzzy unnatural pattern analyses. *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol. 51, pp. 434 – 451.

Gulbay M., Kahraman C. (2006). Design of Fuzzy Process Control Charts for Linguistic and Imprecise Data. *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol. 201, pp. 59 – 88.

Gulbay M., Kahraman C. (2007). An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach. *Information Sciences*, Vol. 177, pp. 1463–1480.



- H. Taleb. (2009). Control Chart Applications For Multivariate Attribute Processes. Computer and Industrial Engineering, Vol.56 No.1, pp. 399-410.
- Herdyana, K. 2012. *Pengendalian Kualitas Produksi di PT. IGLAS (Persero) Gresik dengan menggunakan diagram kontrol c*. Tugas Akhir. Surabaya: ITS.
- Karina, M. 2012. *Pengontrolan Kualitas Produk PT. IGLAS (Persero) Gresik Menggunakan Diagram P Multivariat*. Tugas Akhir. Surabaya: ITS.
- Montgomery, C. D. 1998. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_. 2005. *Introduction to Statistical Quality Control*. 5<sup>th</sup>. Ed. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- M. Gulbay, & C. Kahraman. 2006. *Design of Fuzzy Process Control Chart for Linguistik and Imprecise Data*. *StudFuzz* 201:59-88.
- Raz.T and Wang.J.H.(1990). On the construction of control charts using linguistic variables. *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 3, pp. 477-487.
- Raz.T and Wang.J.H. (1990). Probabilistic and membership approaches in the construction of control charts for linguistic data. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, Vol. 1, No. 3, pp. 147-157.
- Talebs H. and Limam M. (2002). On fuzzy and probabilistic control charts. *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 12, pp. 2849-2863.
- Taleb H., Limam M., Hirota K. (2006). Multivariate Fuzzy Multinomial Control Charts. *Quality Technology & Quantitative Management*, Vol. 3, No. 4, pp. 437-453.
- Walpole, R. E. 1995. *Pengantar Statistik*. Edisi Ketiga. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Zadech, L.A., (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. 8 : 338-359.



## BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap *Achmad Zainul Fuady* biasa dipanggil dengan panggilan *Ady*. Penulis lahir di Sidoarjo pada tanggal 10 Juli 1988, merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal selama 14 tahun di SD Muhammadiyah II Taman, SMP YPM 1 Taman, dan SMA Negeri 1 Taman. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan kuliah mengambil Diploma III Jurusan Statistika FMIPA ITS Surabaya pada tahun 2005 terdaftar dengan NRP 1305030013. Setelah menyelesaikan pendidikan jenjang Diploma III pada tahun 2008, penulis pernah bekerja disalah satu perusahaan distributor ternama di Surabaya yaitu PT INDOMARCO ADI PRIMA sejak pada tanggal 21 juni 2009 sampai dengan 1 september 2012 sebagai SPO (*Supervisor Office*) yang bertanggung jawab atas segala urusan yang ada dikantor cabang. Kemudian penulis melanjutkan kuliah pada program studi Strata Satu lintas jalur (S-1 LJ) di Jurusan Statistika FMIPA ITS Surabaya pada tahun 2012 dengan NRP 1312105003 dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S-2 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Statistika Fakultas MIPA dengan NRP 1314201017 dan lulus pada bulan Januari tahun 2016. Semasa kuliah penulis juga sering mengikuti seminar-seminar yang berguna untuk sekarang ataupun di kemudian hari. Motto hidup “Anti NATO (No Action Talking Only)”, menjadikan motivasi untuk mewujudkan semua impian penulis. Apabila pembaca ingin berdiskusi atau memberikan kritik dan saran yang membangun pada penyempurnaan laporan Tesis ini dapat dikirim melalui email di [achmadzainulfuady@gmail.com](mailto:achmadzainulfuady@gmail.com)

Terima Kasih